



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta mechatroniky, informatiky
a mezioborových studií ■

WEBOVÝ PORTÁL PROJEKTU ILAB - VZDÁLENÝ PŘÍSTUP DO LABORATOŘÍ

Diplomová práce

Studijní program: N2612 – Elektrotechnika a informatika

Studijní obor: 1802T007 – Informační technologie

Autor práce: **Bc. David Tauchmann**

Vedoucí práce: Ing. Jiří Jeníček, Ph.D.





TECHNICAL UNIVERSITY OF LIBEREC
Faculty of Mechatronics, Informatics
and Interdisciplinary Studies ■

WEB PORTAL OF THE PROJECT ILAB - REMOTE LABORATORIES ACCESS

Diploma thesis

Study programme: N2612 – Electrical Engineering and Informatics
Study branch: 1802T007 – Information Technology

Author: **Bc. David Tauchmann**
Supervisor: Ing. Jiří Jeníček, Ph.D.



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. David Tauchmann**
Osobní číslo: **M12000235**
Studijní program: **N2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Informační technologie**
Název tématu: **Webový portál projektu iLab - Vzdálený přístup do laboratoří**
Zadávací katedra: **Ústav informačních technologií a elektroniky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :


1. Nastudujte princip vzdálených laboratoří, webových portálů a rezervačních systémů.
2. Navrhněte a realizujte webový portál, který bude umožňovat prezentaci jednotlivých laboratorních experimentů a řízení přístupu uživatelů k nim, a sběr statistik využití.
3. Propojte portál se systémem studijní agendy STAG, autentizací Liane a s existujícími experimenty.

Rozsah grafických prací: **Dle potřeby dokumentace**
Rozsah pracovní zprávy: **cca 40 - 50 stran**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:

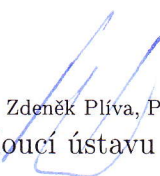
- [1] **Stones, R. a kol.: Linux - Programujeme profesionálně, Computer Press, EAN 9788072265329**
- [2] **Boronczyk, T. a kol.: PHP 6, MySQL, Apache - Vytváříme webové aplikace, Computer Press, EAN 9788025127674**

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Jiří Jeníček, Ph.D.**
Ústav informačních technologií a elektroniky

Datum zadání diplomové práce: **12. září 2013**
Termín odevzdání diplomové práce: **16. května 2014**


prof. Ing. Václav Kopecký, CSc.
děkan




prof. Ing. Zdeněk Plíva, Ph.D.
vedoucí ústavu

V Liberci dne 12. září 2013

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé diplomové práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum:

Podpis:

Poděkování

Rád bych upřímně poděkoval svému vedoucímu Ing. Jiřímu Jeníčkovi, Ph.D. za vedení této diplomové práce, cenné rady, doporučení a věcné připomínky.

Abstrakt

Diplomová práce je zaměřena na návrh a realizaci webového portálu, který poskytuje rezervační systém a rozhraní pro vzdálený přístup k přípravkům v laboratořích Technické univerzity v Liberci. V práci je popsán způsob komunikace s webovými službami IS/STAG a autentizace pomocí technologie Shibboleth. Dále je provedena analýza konkurenčních vzdálených laboratoří a navržen mechanismus řízení přístupu k zařízením na Technické univerzitě v Liberci. Značná část práce je věnována návrhu databázové struktury s vazbou na použití v rámci webového portálu. Nedílnou součástí této práce je rozbor navrženého webového portálu včetně použitých technologií.

Klíčová slova

rezervační systém, vzdálený přístup, iptables, IS/STAG, Shibboleth

Abstract

The diploma thesis deals with the design and implementation of a web portal that provides booking system and interface for remote access to laboratory equipment at the Technical University of Liberec. Communication method with web services of IS/STAG and authentication using Shibboleth technology is described in this thesis. Analysis of competitive remote laboratories is carried out. Access control mechanism to equipment at the Technical University of Liberec is designed. Significant part of the thesis is devoted to the design of the database structure that is used by the web portal. The analysis of suggested web portal that includes applied technologies is an inherent part of this thesis.

Keywords

booking system, remote access, iptables, IS/STAG, Shibboleth

Obsah

| | |
|---|----|
| Úvod..... | 13 |
| 1 Průzkum existujících řešení..... | 16 |
| 1.1 SAHARA Labs | 16 |
| 1.2 WebLab-Deusto | 18 |
| 1.3 EJSApp | 19 |
| 1.4 Moodle Remote and Virtual Labs..... | 20 |
| 2 Vzdálený přístup do laboratoří | 22 |
| 2.1 Infrastruktura | 22 |
| 2.2 Princip řízení přístupu k autonomním zařízením..... | 25 |
| 2.3 Princip řízení přístupu k zařízení protokolem VNC | 26 |
| 2.4 Přenos obrazu..... | 27 |
| 3 Webové služby IS/STAG | 31 |
| 3.1 REST (REpresentational State Transfer)..... | 31 |
| 3.2 SOAP (Simple Object Access Protocol)..... | 32 |
| 3.3 Ověření uživatele | 33 |
| 4 Shibboleth..... | 35 |
| 4.1 Princip činnosti | 35 |
| 4.2 Popis autentizace..... | 36 |
| 5 Databázová struktura | 38 |
| 5.1 Entita users..... | 38 |
| 5.2 Entita cookies..... | 39 |
| 5.3 Entita bookings | 40 |
| 5.4 Entita experiments | 40 |
| 5.5 Entita rooms | 43 |

| | | |
|------|---------------------------------------|----|
| 5.6 | Entita workplaces..... | 43 |
| 5.7 | Entita equipment..... | 44 |
| 5.8 | Entita equipment_types..... | 46 |
| 5.9 | Entita equipment_usage..... | 47 |
| 5.10 | Entita forwarding..... | 47 |
| 6 | Realizace portálu..... | 49 |
| 6.1 | Serverové technologie..... | 49 |
| 6.2 | Klientské technologie..... | 50 |
| 6.3 | Uživatelské role..... | 51 |
| 6.4 | Registrace..... | 52 |
| 6.5 | Autentizace..... | 53 |
| 6.6 | Vytvoření experimentu..... | 55 |
| 6.7 | Probíhající experimenty..... | 57 |
| 6.8 | Katalog experimentů..... | 58 |
| 6.9 | Detaily experimentu..... | 58 |
| 6.10 | Rezervační systém..... | 59 |
| 6.11 | Správa experimentů..... | 60 |
| 6.12 | Správa vybavení..... | 60 |
| 6.13 | Statistika využití..... | 61 |
| 6.14 | Vstup do experimentu..... | 61 |
| | Závěr..... | 64 |
| | Příloha A: ER diagram databáze..... | 68 |
| | Příloha B: Katalog experimentů..... | 69 |
| | Příloha C: Detaily experimentu..... | 70 |
| | Příloha D: Administrace vybavení..... | 71 |

| | |
|-------------------------------------|----|
| Příloha E: Statistika využití | 72 |
| Příloha F: Průběh experimentu | 73 |

Seznam obrázků

| | |
|---|----|
| Obr. 2.1: Infrastruktura projektu iLAB..... | 24 |
| Obr. 2.2: Řízení přístupu k autonomnímu vybavení..... | 26 |
| Obr. 2.3: Řízení přístupu ke vzdálenému zařízení protokolem VNC..... | 27 |
| Obr. 4.1: Průběh autentizace uživatele pomocí technologie Shibboleth | 37 |
| Obr. 5.1: Entita <i>users</i> | 38 |
| Obr. 5.2: Entita <i>cookies</i> | 40 |
| Obr. 5.3: Entita <i>bookings</i> | 40 |
| Obr. 5.4: Entita <i>experiments</i> | 41 |
| Obr. 5.5: Entita <i>rooms</i> | 43 |
| Obr. 5.6: Entita <i>workplaces</i> | 43 |
| Obr. 5.7: Entita <i>equipment</i> | 44 |
| Obr. 5.8: Entita <i>equipment_types</i> | 46 |
| Obr. 5.9: Entita <i>equipment_usage</i> | 47 |
| Obr. 5.10: Entita <i>forwarding</i> | 48 |
| Obr. 6.1: Logo webového portálu iLAB..... | 51 |
| Snímek A: Entitně-relační diagram databáze | 68 |
| Snímek B: Katalog veřejných experimentů | 69 |
| Snímek C: Parametry experimentu založeného na rozvrhové akci IS/STAG | 70 |
| Snímek D: Správa virtuální místnosti | 71 |
| Snímek E: Historie maximálního využití zařízení..... | 72 |
| Snímek F: Ukázka rozhraní pro sledování dostupného experimentu | 73 |

Seznam zdrojových kódů

| | |
|---|----|
| Kód 3.1: Ukázka komunikace mezi webovým portálem a IS/STAG pomocí přístupu přes rozhraní REST. Na základě zkratky nadřazeného ústavu vrací adresa zdroje https://stag-ws.tul.cz/ws/services/rest/ciselniky/getSeznamPracovist?zkratka=ITE hierarchii pracovišť..... | 32 |
| Kód 3.2: Ukázka formátu SOAP žádosti na získání seznamu kateder z IS/STAG pro Fakultu mechatroniky, informatiky a mezioborových studií. | 33 |
| Kód 5.1: Trigger pro aktualizaci kapacity pro sledování u závislých experimentů..... | 45 |
| Kód 6.1: Směrovací pravidla používaná pro řízení přístupu k zařízení. | 63 |

Seznam symbolů, zkratek a termínů

ACID = Atomicity, Consistency, Isolation, Durability.

API = rozhraní pro programování aplikací. Poskytuje programátorovi prostředky pro komunikaci s jiným systémem a skrývá jejich vnitřní implementaci.

applet = speciální komponenta, která běží v kontextu webového prohlížeče. Rozšiřuje funkcionalitu webových stránek a umožňuje spuštění externích programů (Java, SWF, ...).

BASE = Basically Available, Soft state, Eventual consistency.

IdP = poskytovatel identity v rámci federace.

IS/STAG = informační systém studijní agentury (používaný na TUL).

JRE = Java Runtime Environment.

LDAP = protokol pro komunikaci s adresářovým serverem (účty v síti LIANE).

plugin = zásuvný modul webového prohlížeče, který rozšiřuje jeho funkčnost.

RADIUS = protokol pro zabezpečený přenos autentizačních, autorizačních a evidenčních informací mezi přístupovým serverem (RADIUS klient) a centrálním autentizačním serverem (RADIUS server) [11].

REST = architektonický styl orientovaný na přístup k datům vzdáleného systému prostřednictvím URI.

RTSP = protokol pro přenos multimediálních dat v reálném čase.

SAML = standard založený na XML pro výměnu autentizačních a autorizačních údajů ve federativním prostředí.

Shibboleth = open-source implementace SSO ve federativním prostředí.

SOAP = protokol pro procedurální přístup ke vzdáleným objektům [5].

SP = poskytovatel služby v rámci federace.

SSO = systém jednotného přihlášení. Uživatel se autentizuje v rámci relace pouze jednou.

streamování = schopnost serveru vysílat proud multimediálních dat.

UDDI = webová služba založená na protokolu SOAP, která slouží pro kategorizaci a vyhledávání webových služeb jiných subjektů na síti.

VNC = řešení pro přístup k prostředkům vzdáleného systému.

WAYF = služba pro výběr konkrétního IdP ve federativním prostředí.

WSDL = jazyk pro popis webové služby.

XML = formát obecného značkovacího jazyka, který byl vyvinut a standardizován konsorciem W3C. Určen především pro výměnu dat mezi aplikacemi, lze jej výhodně zpracovávat strojově. Vstupně/výstupní datový formát používaný pro webové služby nad IS/STAG [1].

Úvod

Internet v minulosti sloužil primárně akademickým pracovníkům z vybraných prestižních univerzit, které si mohli dovolit připojit se k této celosvětové síti. Prostřednictvím internetu si vědci mnohem snadněji vyměňovali zkušenosti a poznatky, které nabyli při své vědecké práci. S tím, jak se postupně zvyšovala jeho dostupnost, a snižovaly finanční nároky, internet pronikal i mezi běžné uživatele. Ze sítě určené zejména pro práci se internet stal místem pro zábavu, sdílení dat a komunikaci v reálném čase. I nadále však zůstává významným prostředkem pro vzdělávání.

Jednou z mnoha forem moderní výuky jsou tzv. e-learningové portály. Na jednom místě zpřístupňují účastníkům jednotlivých kurzů výukové materiály, které lze následně využít při samostudiu nebo jako podporu při přednáškách a cvičeních. Inteligentní multimediální e-learningový portál Technické univerzity v Liberci¹ takové služby poskytuje. U některých kurzů navíc zpřístupňuje streamované záznamy přednášek. Možnost aktivně se zapojit do výuky však výše uvedené portály, až na výjimky, neumožňují.

Motivací ke vzniku této diplomové práce se tak stala potřeba připravit portál pro vzdálený přístup k vybavení jednotlivých laboratoří na Technické univerzitě v Liberci. Interaktivní výuka formou zpřístupnění laboratorního vybavení je výsledkem modernizace výukových metod na univerzitách po celém světě. Za tímto účelem bude vytvořen webový portál, který se bude skládat z rezervačního systému a přístupového rozhraní pro ovládání a sledování průběhu jednotlivých experimentů. Svým uživatelům umožní spravovat své rezervace a na základě jejich práv, vyplývajících z těchto rezervací, bude portál autonomně řídit přístup k experimentům. Kompetence pro vytváření experimentů budou mít vyučující, kteří budou jednotlivé experimenty také administračně spravovat.

Počítá se s tím, že portál bude nabízet založení dvou typů experimentů. V prvním případě se bude jednat o experiment veřejný, který se bude vyznačovat tím, že bude poskytovat přístup všem zájemcům o účast na daném experimentu. Druhým typem

¹ <https://elearning.fm.tul.cz/>



experimentu bude experiment založený na konkrétní rozvrhové akci, která bude evidována v IS/STAG. Proto musí portál integrovat rozhraní pro přístup ke službám tohoto informačního systému. V rámci konfigurační sekce musí být administrátorovi umožněno uložit konfigurační parametry jednotlivých síťových zařízení. Plánována je komunikace s webovými kamerami, zprostředkovaně s PLC automaty a dalšími experimenty dostupnými po VNC. Vzhledem k různorodosti těchto zařízení musí být navržené komunikační rozhraní co nejuniverzálnější. Prioritou se stává optimalizace pro jednotlivé webové prohlížeče, aby byl obsah dostupný, pokud možno, bez instalace doplňků třetích stran.

Nedílnou součástí portálu musí být podpora víceuživatelského prostředí ve spojení s oprávněními. Vzhledem k tomu, že experimenty budou dostupné také pro externí uživatele mimo TUL, bude navržen vlastní přihlašovací systém. Implementace systému bude zahrnovat modul pro ověření v rámci sítě LIANE. Otázka zabezpečení je velmi důležitá, proto budou veškeré operace prováděny přes zabezpečený protokol HTTPS.

Samostatnou kapitolu si vyžádá průzkum existujících řešení vzdáleného přístupu do laboratoří. Zmíněny zde budou také technologie, které využívají uvedené projekty pro své rezervační systémy.

Vzdálenému přístupu do laboratoří na TUL bude věnována 2. kapitola. Bude v ní popsána existující infrastruktura s vazbou na navrhovaný webový portál. Významná část kapitoly bude tvořena popisem navrženého principu řízení přístupu ke vzdáleným zařízením. Na základě srovnání možností pro přenos obrazu z IP kamer bude vybrána vhodná technologie.

Před vývojem webového portálu se bude nutné seznámit se všemi prostředky, které budou s portálem komunikovat. Bude se jednat zejména o výměnu informací s IS/STAG prostřednictvím API, které nabízí. V této souvislosti budou porovnány jednotlivé způsoby komunikace přes webové služby.

Mezi další požadavky patří propojení se sítí LIANE, které bude realizováno technologií Shibboleth. Cílem bude seznámit se s architekturou tohoto systému, zavést jeho podporu na produkční server a implementovat přístupové rozhraní do webového portálu.

Převážná část této práce bude věnována rozboru webového portálu pro vzdálený přístup do laboratoří. Návrh databázové struktury bude vycházet z požadavků na funkce webového portálu. V 5. kapitole budou postupně probrány všechny entity, které tvoří databázi. Součástí kapitoly bude popis integritních omezení a vzájemných vztahů mezi entitami.

Nejdůležitější funkce navrženého webového portálu budou popsány v dalších kapitolách. Chybět nebude shrnutí použitých technologií ani ukázky uživatelského rozhraní. V závěrečné části práce bude provedeno hodnocení navrženého řešení. Kapitola bude obohacena o návrhy na rozvoj webového portálu do budoucna.

1 Průzkum existujících řešení

Realizace vzdáleného přístupu do laboratoří byla motivována rostoucím počtem studentů kombinovaného studia zejména na Fakultě mechatroniky, informatiky a mezioborových studií. Možnost absolvovat cvičení i v době, kdy není laboratorní vybavení k dispozici prezenčně, se s ohledem na časové možnosti těchto studentů ukázala jako více než žádoucí. Díky finančním prostředkům z fondů Evropské unie, bylo zakoupeno potřebné hardwarové vybavení. Nákupu předcházela pochopitelně detailní analýza řešení, která jsou na trhu k dispozici.

Průzkumem mezi veřejně dostupnými systémy vzdálených laboratoří bylo zjištěno, že obsahují pouze velmi omezené množství úloh. Prezentované úlohy byly navíc z velké části zaměřené pouze na demonstraci vybraných fyzikálních dějů. Řada úloh svou obtížností nesplňovala nároky kladené na vysokoškolské studenty. V této oblasti působí také několik specializovaných firem, které nabízí vhodné hardwarové i softwarové vybavení. Cena takových řešení však přesahuje finanční možnosti fakulty. Proto bylo rozhodnuto o vývoji vlastního řešení, které by pokrývalo požadavky na zdejší výuku. Cílem bylo navrhnout takový systém, který by do budoucna zajistil snadnou rozšiřitelnost.

Vzhledem k tomu, že úkolem této diplomové práce je navrhnout webový portál pro řízený přístup k existujícímu hardwarovému vybavení, zabývá se tato kapitola analýzou potenciálně vhodných webových portálů. Z výše uvedených důvodů bylo rozhodnuto o zúžení výběru na volně šiřitelné webové aplikace.

1.1 SAHARA Labs

Mezi prvními kandidáty bych na tomto místě rád zmínil projekt, který je vyvíjen na University of Technology v australském Sydney. Jedná se o softwarový framework šířený pod licencí BSD, která neklade téměř žádná omezení. Skládá se ze tří vzájemně provázaných komponent.

Jádrem celého frameworku je tzv. Scheduling Server, který zajišťuje správu uživatelů, na základě rezervací řídí přístup k laboratornímu vybavení a pomáhá správcům s jeho

administrací. Scheduling Server běží na platformě Java a spolupracuje s SQL databází. Podporu mají zajištěny databáze MySQL a PostgreSQL.

V Javě je naprogramován také tzv. Rig Client, který představuje druhou komponentu. Zajišťuje softwarovou abstrakci pro jednotlivé druhy zařízení v laboratořích. Jeho úkolem je implementovat rozhraní pro vzájemnou komunikaci mezi Scheduling Serverem a fyzickým laboratorním vybavením. Výměna zpráv v jazyce XML probíhá protokolem SOAP [7].

Poslední komponentou je Web Interface, který poskytuje uživatelsky přívětivé rozhraní pro přístup skrze webový prohlížeč. Podle úrovně oprávnění poskytuje nástroje, které lze využít pro správu experimentů nebo ovládání laboratorního vybavení. K dispozici jsou dále funkce, které umožňují generovat statistiky využití nebo stahovat naměřené hodnoty z jednotlivých přístrojů. Zajímavou funkcí frameworku je podpora pro monitorování aktuálního stavu laboratorního vybavení.

V případě, že by bylo potřeba přidat další funkce vzdáleným laboratořím, musel by se rozšířit Web Interface a kromě toho také upravit Scheduling Server. Pro každý typ přístroje je navíc nutné mít specifické přístupové rozhraní (Rig Clienta). Během pokusu o instalaci Scheduling Serveru jsem odhalil další slabinu tohoto projektu. Konkrétně se jedná o závislost na běhovém prostředí Java Runtime Environment 6. Tato verze není od února 2013 záplatována a obsahuje řadu bezpečnostních chyb. Rovněž prohlížeče uživatelů musí být vybaveny touto verzí pluginu. Ze strany vývojářů projektu SAHARA Labs je již delší dobu slíbena podpora Java Runtime Environment 7. Z výše uvedených důvodů není framework vhodný pro nasazení na zdejší hardwarové vybavení.

Zdrojové kódy projektu jsou volně dostupné z webových stránek <http://sourceforge.net/projects/labshare-sahara/>. Vzorová implementace SAHARA Labs, určená zejména pro studenty australských univerzit, je k dispozici na webových stránkách <https://remotelabs.eng.uts.edu.au/>.



1.2 WebLab-Deusto

Dalším potenciálně vhodným kandidátem je projekt WebLab-Deusto, který je vyvíjen na španělské University of Deusto. Framework je šířen pod svobodnou softwarovou licencí BSD 2-clause license². Poskytuje nástroje pro vytváření nových vzdálených laboratoří.

Platformu WebLab-Deusto tvoří soustava vzájemně propojených serverů. Login server zajišťuje management uživatelů a může být součástí Core serveru. Core server zabezpečuje přístup uživatelů k jednotlivým Laboratory serverům. Každý Laboratory server sdružuje konkrétní typ laboratorního vybavení. Mezi WebLab servery je nasazena komunikační platforma naprogramovaná v jazyce Python. Experimenty jsou vyvíjeny pomocí frameworku Google Web Toolkit³, který překládá zdrojový kód experimentu napsaný v jazyce Java do jazyka JavaScript. Díky tomu, lze experiment ovládat bez instalace speciálního běhového prostředí. Podporu mají zajištěnu rovněž experimenty, které se spoléhají na Adobe Flash nebo JRE.

Požadavky uživatelů zaslané pomocí JSON, XML-RPC nebo protokolem SOAP obsluhuje Core server, na kterém běží primitivní webový server naprogramovaný v jazyce Python. Pro implementaci je přitom doporučen webový server Apache. Ve výchozím nastavení používá platforma WebLab-Deusto databázi typu SQLite. Z toho vyplývají jistá výkonová omezení spojená s nutností zamykat při zápisu celou databázi. Na produkčním serveru by se tedy musela nahradit například databází typu MariaDB⁴. Volitelně lze využít také velmi rychlou key-value databázi Redis⁵ (pouze na operačním systému UNIX).

Autentizace uživatelů je řešena integrovanou přihlašovací procedurou nebo skrze LDAP. Rezervace lze vytvářet na základě oprávnění k jednotlivým experimentům. Platforma dále monitoruje přístupy uživatelů do laboratoří a zaznamenává operace s laboratorním vybavením. Statistiky jsou dostupné uživatelům s právy administrátora.

² Dostupná z <http://opensource.org/licenses/BSD-2-Clause>.

³ Dostupný z <http://www.gwtproject.org/>.

⁴ Dostupná z <https://mariadb.org/>.

⁵ Dostupná z <http://redis.io/>.



Kromě jiného podporuje integraci s e-learningovými portály (např. Moodle). Uživatelské rozhraní je přeloženo do několika světových jazyků, kromě jiného i do češtiny. Zajímavostí je možnost zapojit svůj projekt do federace a sdílet ho s ostatními laboratořemi na stejné platformě.

Nevýhodou projektu je značná komplexnost, která se pochopitelně odráží v rozsáhlosti zdrojových kódů. Vzhledem k potřebám TUL (propojení se sítí LIANE, IS/STAG a specifickým ovládáním experimentů přes VNC) by bylo nutné se podrobně seznámit s architekturou projektu a učinit významné zásahy do zdrojových kódů. Dospěl jsem proto k závěru, že vývoj vlastního portálu bude v tomto případě daleko efektivnější. Použité klientské technologie vychází z velmi podrobného srovnání [8] a jsou podle mého názoru zvoleny příkladně.

Zdrojové kódy projektu jsou volně dostupné z webových stránek <https://github.com/weblabdeusto/weblabdeusto>. WebLab-Deusto vyniká nad ostatními projekty mj. zpracováním dokumentace (viz <http://weblabdeusto.readthedocs.org/>). Ukázková implementace se nachází na <http://www.weblab.deusto.es/weblab/>, kde je pro zájemce připraveno několik vzdáleně ovládaných experimentů.

1.3 EJSApp

Za projektem EJSApp stojí vývojový tým, který působí ve španělském Madridu na Spanish Open University (UNED). Experimenty připravují pomocí zdarma dostupného nástroje Easy Java/Javascript Simulations (EJS)⁶. V tomto nástroji se simulace vytvářejí v prostředí grafického editoru, ze kterého se následně generuje cílový kód v jazyce Java nebo JavaScript. Díky tomu, lze vytvářet experimenty i bez znalosti programování. Velké množství již vytvořených simulací lze nalézt na webových stránkách <http://www.compadre.org/>.

Platforma EJSApp slouží pro integraci experimentů vytvořených v prostředí EJS do výukového systému Moodle⁷. Plugin EJSApp včetně všech rozšíření je dostupný

⁶ Dostupný z <http://www.um.es/fem/EjsWiki/pmwiki.php>.

⁷ Dostupný z <https://moodle.org/>.



pod svobodnou softwarovou licencí GPLv3⁸. Sada pluginů EJSApp zahrnuje EJSAppBooking activity plugin, EJSAppFileBrowser a EJSAppCollabSession block plugins, které dále rozšiřují jeho funkčnost. Plugin EJSApp Booking poskytuje rezervační systém, který lze použít pro řízení přístupu k jednotlivým experimentům. EJSApp File Browser umožňuje spravovat datové soubory, které jsou generovány při práci na experimentech. Plugin EJSApp Collab Sessions synchronizuje relace při týmové práci na experimentech, které jsou založeny na Java appletech [7].

Nevýhodou tohoto projektu je závislost na výukovém portálu Moodle a dále na experimentech vytvořených v prostředí EJS. Proto se nehodí pro vývoj plnohodnotného webového portálu pro přístup ke vzdáleným laboratorům. Slouží spíše pro demonstraci možností, které lze při implementaci vzdálených laboratoří využít.

Zdrojové kódy projektu jsou volně dostupné z webových stránek https://github.com/UNEDLabs/moodle-mod_ejsapp. Mj. oceňuji velmi dobře zpracovanou dokumentaci. Vzorová implementace EJSApp, určená zejména pro studenty španělských univerzit, je k dispozici na webových stránkách <http://unilabs.dia.uned.es/>.

1.4 Moodle Remote and Virtual Labs

Další veřejně dostupnou implementací problematiky vzdálených laboratoří je Moodle Remote and Virtual Labs. Byla realizována v rámci projektu iLabViR na Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) ve španělské Barceloně.

Projekt je určen pro použití v rámci výukových kurzů portálu Moodle. Skládá se z úložiště nastavení experimentů (SQL databáze), rezervačního systému (PHP + SQL) a pluginu do výukového portálu Moodle (PHP). Dokumentace k projektu je velmi strohá a navíc dostupná pouze ve španělském jazyce [9]. Nicméně, podařilo se mi zjistit, že výměna informací mezi jednotlivými komponentami probíhá pomocí webových služeb [9]. Rovněž ovládání laboratorního vybavení je ostatním komponentám zpřístupněno prostřednictvím webových služeb.

⁸ Dostupná z <http://www.gnu.org/licenses/gpl-3.0.txt>.



Vzdálené ovládání experimentů skrze webový prohlížeč je podmíněno instalací běhového prostředí Java Runtime Environment. Nevhodnost tohoto projektu pro další využití v rámci této práce vyplývá z jeho určení pro výukový portál Moodle a rovněž ze zmíněné problematické dokumentace. Zdrojové kódy projektu jsou k dispozici z webových stránek <http://sourceforge.net/projects/moodlelabs/>.

2 Vzdálený přístup do laboratoří

Na základě výsledku průzkumu existujících webových portálů a rezervačních systémů bylo zjištěno, že žádný z nich není vhodný pro implementaci na zdejší hardwarovou infrastrukturu. Schéma infrastruktury je popsáno v kapitole 2.1. Úkolem tedy bylo navrhnout univerzální systém řízení přístupu ke vzdálenému laboratornímu vybavení.

Z pohledu uživatele se lze na internetu setkat se 2 typy vzdáleně ovládaných experimentů [10]:

1. experimenty, které vyžadují dodatečnou instalaci nějakého pluginu [10],
2. experimenty, které lze obsluhovat z okna webového prohlížeče bez instalace nestandardních pluginů [10].

První typ experimentů je prosazován zejména společností National Instruments, která pro jejich tvorbu nabízí placené vývojové prostředí LabVIEW [10]. Snadná tvorba experimentů je zde vykoupena nutností instalovat speciální běhové prostředí pro jejich ovládání [10]. Existují však již projekty⁹, které mapují komunikaci s takovými vzdálenými experimenty pomocí webových služeb (REST) [10]. Tento typ experimentů je hojně využíván především v zahraničí [10].

V České republice dostupné vzdálené laboratoře preferují většinou druhý typ experimentů [10]. Průzkumem mezi takovými vzdálenými laboratořemi bylo zjištěno, že pro ovládání experimentů vyžadují maximálně běhové prostředí Java Runtime Environment. Snahou je tedy využívat standardní prostředky webových prohlížečů [10].

2.1 Infrastruktura

Na serveru rlab.ite.tul.cz běží webový server, který obsluhuje požadavky jednotlivých uživatelů, kteří přistupují ke vzdáleným experimentům prostřednictvím webového portálu iLAB. Webový portál sdružuje úlohy z různých laboratoří. Spravuje informace o umístění jednotlivých zařízení na síti a eviduje jejich aktuální využití. Na základě

⁹ Příkladem takového projektu je např. Remote Lab Web Services dostupný z: <http://sourceforge.net/projects/remotelab/>.



těchto parametrů je možno řídit přístup uživatelů k těmto zařízením. Struktura vzdáleného přístupu do laboratoří je znázorněna na obr. 2.1.

Každé zařízení na síti je identifikováno dvojicí IP adresa + port. Úloha je tvořena skupinou zařízení, které se podílí na jejím průběhu. Skupina takových zařízení představuje pracoviště, které je ovládáno právě jedním uživatelem. V daný okamžik mohou ostatní uživatelé pouze sledovat průběh experimentu. Experiment se může skládat z více stejných pracovišť, aby jej bylo možno ovládat více uživateli zároveň. Skupina stejných pracovišť je reprezentována tzv. virtuální místností. Parametrem každého experimentu je informace o tom, ve které virtuální místnosti se odehrává. Zároveň platí, že více experimentů může sdílet stejnou virtuální místnost. Stejný experiment, tak mohou absolvovat např. různé skupiny studentů.

Prvním typem úloh, které budou prostřednictvím portálu vzdálených laboratoří zpřístupněny, jsou úlohy, které obsahují zařízení s vlastním FTP nebo webovým serverem. Typicky se bude jednat o IP kameru, která bude snímat scénu a soustava dalších zařízení, které budou zajišťovat zdárný průběh experimentu. Nejčastěji budou využívány programovatelné automaty s ethernetovým rozhraním. Tento typ úloh bude zaměřen např. na práci s periferiemi logických nebo analogových vstupů a výstupů. Tato skupina úloh se na obr. 2.1 nachází přímo pod serverem rlab.ite.tul.cz. Navržený mechanismus řízení přístupu k takovým zařízením je podrobně popsán v kapitole 2.2.

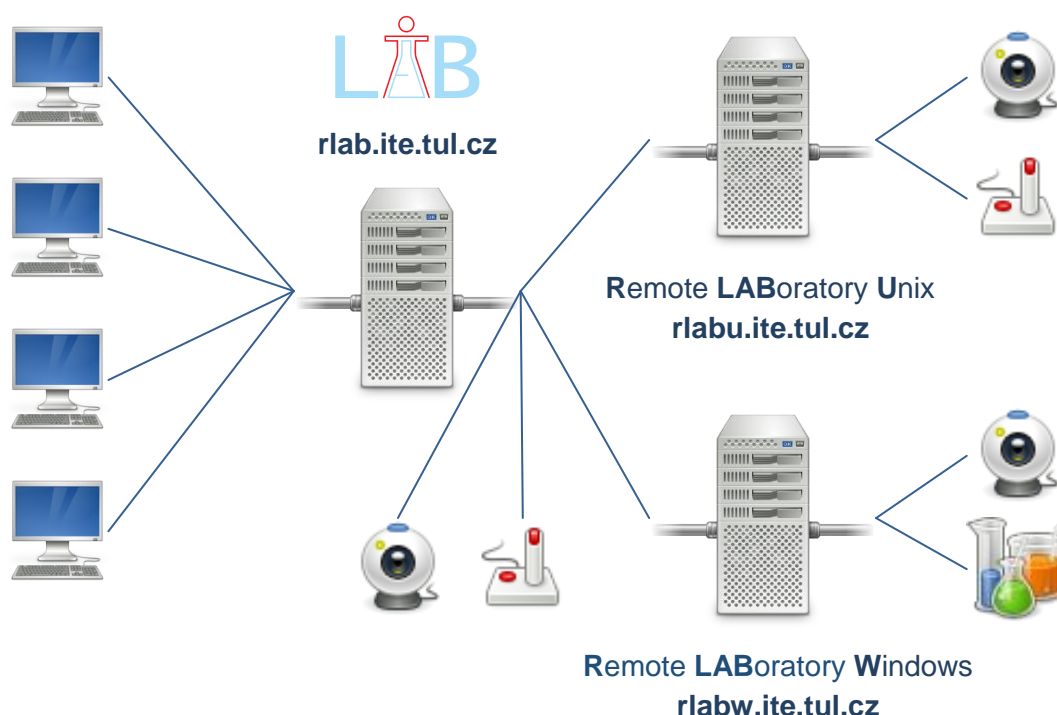
Server rlab.ite.tul.cz dále komunikuje se servery rlabu.ite.tul.cz a rlabw.ite.tul.cz. Tyto servery byly zprovozněny na základě specifických požadavků některých vyučujících na výuku. Zejména se jedná o možnost ladění studentských aplikací na používaných vývojových prostředcích a možnost vzdáleně spouštět licencovaný software. Díky tomu mohou uživatelé využívat software, který je vázán na infrastrukturu školní sítě nebo vyžaduje speciální hardwarové klíče. Pro práci s tímto typem úloh tedy nemusí provozovat různé operační systémy, ani instalovat vývojové prostředky na své soukromé počítače. Oba servery běží na platformě VMware. K dispozici mají 8 procesorových jader a disponují 16 GB operační pamětí ze sdílené školní infrastruktury. Server rlabu.ite.tul.cz je postaven na operačním systému CentOS 6.5 a server rlabw.ite.tul.cz na operačním systému Windows Server 2008 R2. Na obou serverech jsou nainstalovány např. aplikace MATLAB 2013a nebo vývojové prostředí



Xilinx ISE Design Suite. Na serveru rlabw.ite.tul.cz je navíc k dispozici ještě vývojové prostředí Mosaic pro PLC.

Prostřednictvím serverů rlabu.ite.tul.cz a rlabw.ite.tul.cz budou dále zpřístupněna zařízení, která spolupracují s výše zmiňovaným softwarovým vybavením. Příkladem takové úlohy může být např. programování PLC s možností vzdáleného ladění. Tento typ úloh se na obr. 2.1 nachází napravo od serverů rlabu.ite.tul.cz a rlabw.ite.tul.cz.

Vzdálený přístup na oba servery bude umožněn prostřednictvím multiplatformního přenosového protokolu VNC. Limitujícím faktorem by byla nutnost instalace VNC klienta na počítačích uživatelů. Proto byl na serveru rlabu.ite.tul.cz nainstalován VNC klient projektu noVNC¹⁰, který je dostupný pod svobodnou softwarovou licencí Mozilla Public License Version 2.0¹¹. Komunikace mezi prohlížečem a TCP portem VNC serveru je zabezpečena prostřednictvím WebSocket proxy [11]. Vykreslování ve webovém prohlížeči je řešeno pomocí HTML 5 technologie Canvas.



Obr. 2.1: Infrastruktura projektu iLAB¹⁴

¹⁰ Dostupný z <https://github.com/kanaka/noVNC>.

¹¹ Dostupná z <http://www.mozilla.org/MPL/2.0/>.

2.2 Princip řízení přístupu k autonomním zařízením

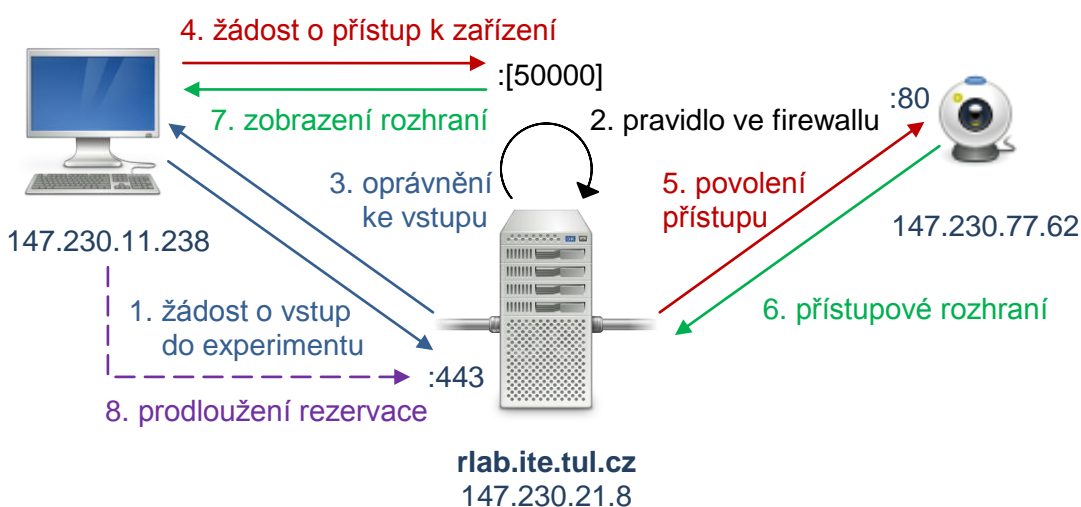
Byl navržen univerzální způsob, kterým je možné řídit přístup k zařízením, které disponují vlastním webovým serverem. Univerzálnost tohoto řešení je zajištěna použitím směrovacích pravidel na serveru rlab.ite.tul.cz. Vstup do experimentu je umožněn pouze uživateli, který projde autorizačním procesem na portálu vzdáleného přístupu do laboratoří. Jednotlivá zařízení jsou odstíněna od přímého přístupu uživatelů a tím dochází k celkovému zvýšení bezpečnosti komunikace. Na druhou stranu webový portál ztrácí přehled o aktuální využití jednotlivých zařízení. Z tohoto důvodu je nezbytné, aby každý uživatel periodicky potvrzoval svou účast na experimentu.

Proces získání přístupu ke vzdálenému zařízení lze popsat následující sekvencí kroků.

1. Uživatel přistoupí k serveru rlab.ite.tul.cz na port 443 a vysloví požadavek na vstup do experimentu. Na obr. 2.2 má uživatel veřejnou IP adresu 147.230.11.238. Portál vzdáleného přístupu do laboratoří zkontroluje oprávnění uživatele k požadované akci.
2. V kladném případě získá seznam dostupných pracovišť pro daný experiment. Na základě oprávnění uživatele se pokusí alokovat příslušná zařízení pro ovládání nebo sledování. Podle výsledku operace rozhodne o dalším postupu. Pokud je vše v pořádku, vygeneruje náhodné číslo portu z rozsahu vyhrazeného pro soukromé účely (49152 až 65535). Číslo portu nesmí být použito nějakým uživatelem. Webový portál si uloží IP adresu uživatele spolu s číslem portu. Poté vytvoří pravidlo pro příchozí pakety z IP adresy uživatele, které budou procházet skrze dříve vygenerovaný port. Samotné přesměrování zajišťují další dvě pravidla. První z nich směřuje požadavky uživatele směrem ke vzdálenému zařízení. Druhé zprostředkuje zpáteční cestu paketům, které jsou směrovány uživateli.
3. Webový portál vrací uživateli informaci o tom, zdali pro něj otevřel nějaký port.
4. Uživatel nyní obrací svou žádost o přístup ke vzdálenému zařízení na tento port. Na obr. 2.2 má pro to uživatel k dispozici port s číslem 50000.
5. Server rlab.ite.tul.cz zkontroluje IP adresu, ze které uživatel na daný port přistupuje a v souladu s nastaveným pravidlem ho přesměruje k cílovému

zařízení. Na obr. 2.2 požaduje uživatel obrazový stream, dostupný na portu 80, z IP kamery s adresou 147.230.77.62.

6. Odpověď daného zařízení je směrována zpět serveru rlab.ite.tul.cz.
7. Na základě druhého směrovacího pravidla je odpověď předána uživateli.
8. Využívání zařízení musí být ze strany uživatele periodicky potvrzováno webovému portálu. Tímto způsobem je zaručeno, že zařízení nebude zbytečně blokováno.



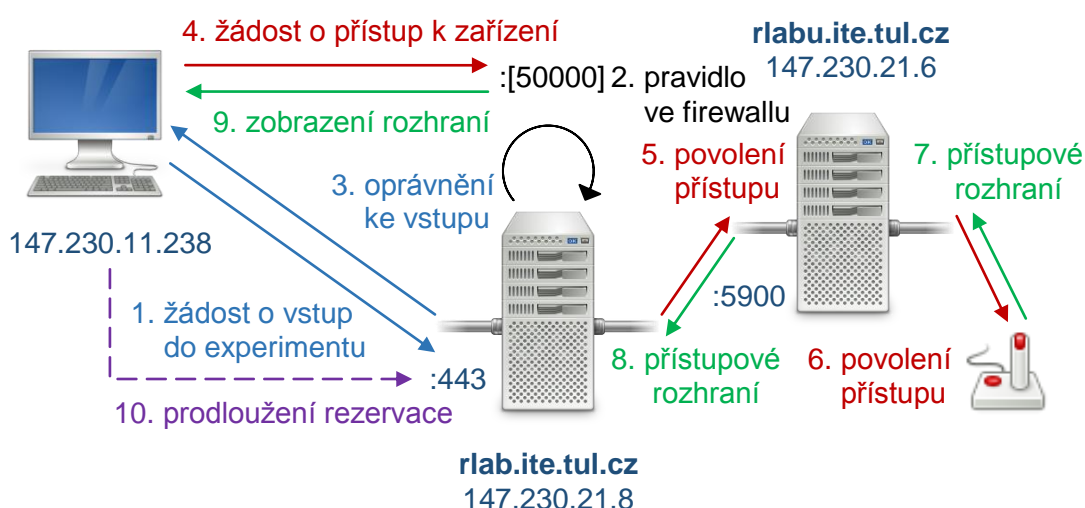
Obr. 2.2: Řízení přístupu k autonomnímu vybavení¹⁴

2.3 Princip řízení přístupu k zařízení protokolem VNC

Podobný mechanismus jako v kapitole 2.2 byl použit také pro řízení přístupu k licencovanému softwaru a laboratornímu vybavení, které jsou dostupné protokolem VNC na serverech rlabu.ite.tul.cz a rlabw.ite.tul.cz. Průběh žádosti o přístup ke vzdálenému prostředku odpovídá obr. 2.3. Vybrané rozdíly jsou popsány u každého kroku v následující sekvenci.

1. viz 1. bod v kapitole 2.2.
2. Prvním rozdílem je, že webový portál nezískává seznam dostupných pracovišť, ale zjišťuje dostupnost cílového serveru (rlab[u|w].ite.tul.cz). Druhý rozdíl je představován samotnými směrovacími pravidly, které nevedou ke vzdáleným

- zařízením, ale pouze k cílovému serveru, kde naslouchá klient noVNC¹⁰. Zbytek odpovídá 2. bodu z kapitoly 2.2.
3. viz 3. bod v kapitole 2.2.
 4. viz 4. bod v kapitole 2.2.
 5. Směrování neprobíhá k cílovému zařízení, ale k cílovému serveru. Na obr. 2.3 požaduje uživatel přístup k serveru rlabu.ite.tul.cz na portu 5900. Zbytek odpovídá 5. bodu z kapitoly 2.2.
 6. Server rlabu.ite.tul.cz sestaví spojení k danému prostředku.
 7. Server rlabu.ite.tul.cz obdrží zpětnou vazbu od daného prostředku.
 8. Další krok je ekvivalentní se 6. bodem z kapitoly 2.2.
 9. viz 7. bod v kapitole 2.2.
 10. viz 8. bod v kapitole 2.2.



Obr. 2.3: Řízení přístupu ke vzdálenému zařízení protokolem VNC¹⁴

2.4 Přenos obrazu

Součástí návrhu webového portálu se stal výběr vhodného multimediálního kontejneru pro přenos obrazu ze vzdáleného zařízení. Výběr vycházel ze schopností vybavení, které je používáno pro přístup ke vzdáleným experimentům. Důraz byl kladen zejména na dostupnost obsahu širokému počtu uživatelů. Z tohoto důvodu byly preferovány technologie, které jsou běžně dostupné ve webových prohlížečích uživatelů portálu.

2.4.1 Streamování obrazu z IP kamery

Sledování průběhu experimentu je umožněno prostřednictvím IP kamery (síťové kamery). Ve specifikaci každé IP kamery lze kromě informací o parametrech použitého snímacího čipu nalézt také informace o podporovaných přenosových protokolech. Mezi nejčastěji podporované protokoly patří UDP, TCP, HTTP, HTTPS a RTSP. Do počítačové sítě lze IP kamery připojit bezdrátově prostřednictvím technologie Wi-Fi nebo kabelem s koncovkou RJ-45. Lépe vybavené IP kamery disponují např. mechanismem otáčení, dálkovým zaostřováním, alarmem nebo nočním viděním. Z pohledu autentizace se zejména dražší modely síťových kamer pyšní podporou ověřování RADIUS [12]. Zabezpečení přístupu do webového rozhraní bývá velmi často řešeno pomocí HTTP Basic nebo HTTP Digest autentizace. Někteří výrobci nabízí ke svým IP kamerám tzv. SDK pro snadnější integraci do vlastních aplikací.

Způsobů, jak přenést obraz z IP kamery směrem k uživateli, existuje několik. Liší se zejména v otázce podpory jednotlivými webovými prohlížeči. Bylo provedeno srovnání možností, které jsou nabízeny většinou síťových kamer.

- **ActiveX** – komponenta, která umožňuje sledovat video v IE (Internet Explorer)
 - instalace pluginu do webového prohlížeče
 - pouze pro IE
- **FTP server** – statické JPEG snímky periodicky odesílány na FTP server, ke kterému následně přistupují uživatelé
 - + vyšší propustnost než má IP kamera
 - vyžaduje dodatečnou úložnou kapacitu
- **HTTP server push** – obraz z IP kamery je periodicky zasílán všem klientům, jednou navázané spojení se neukončuje, prohlížeč očekává další snímek, který poté automaticky nahrazuje (překrývá) ten předchozí, spojení ukončuje server
 - + nevyžaduje instalaci pluginu do webového prohlížeče
 - + bezproblémový průchod sítí
 - IE nepodporuje ⇒ řešení pomocí ActiveX
- **QuickTime** – doplněk prohlížeče obsluhující multimediální kontejner MOV
 - instalace pluginu do webového prohlížeče

- **RTSP** – obraz z IP kamery je směrován na speciální server, na kterém běží software (VLC), který zajišťuje restreaming ostatním uživatelům
 - + vysoká propustnost směrem k uživatelům
 - server s vysokým výpočetním výkonem
 - možné problémy při průchodu přes NAT
 - instalace pluginu do webového prohlížeče

2.4.2 Komprese obrazu používané IP kamerami

Síťové kamery disponují možností streamovat video v různých datových formátech. Z důvodu úspory přenosové kapacity je prováděna komprese obrazu, která má vliv také na jeho kvalitu. Mezi nejčastěji podporované kompresní algoritmy patří MJPEG, MPEG-4 a H.264. Podle [13] bylo provedeno jejich srovnání. Následně byla vybrána nejvhodnější přenosová technologie i s ohledem na podporu ze strany webových prohlížečů.

- **MJPEG** – sekvence statických JPEG snímků, které jsou komprimovány každý zvlášť
 - + podpora webových prohlížečů (IE nepodporuje)
 - + nízká výpočetní náročnost
 - + vysoká kvalita obrazu
 - nižší snímková frekvence
 - vysoké nároky na rychlost připojení
 - kratší doba záznamu při využití stejného diskového prostoru
- **MPEG-4** – sekvence rozdílových snímků vůči poslednímu klíčovému
 - + vyšší snímková frekvence
 - průměrná kvalita obrazu
 - střední nároky na rychlost připojení
 - střední nároky na velikost diskového prostoru při záznamu
 - vyšší požadavky na výpočetní výkon
 - požadavek na instalaci pluginu do webového prohlížeče

- **H.264** – novější standard s vyšším kompresním poměrem, jsou přenášeny informace o změnách v obraze mezi jednotlivými klíčovými snímky
 - + nízké nároky na rychlost připojení
 - + dlouhá doba záznamu při využití stejného diskového prostoru
 - + vyšší kvalita obrazu
 - vysoká výpočetní náročnost
 - požadavek na instalaci pluginu do webového prohlížeče

Jako nejvhodnější technologie pro přenos obrazu v rámci webového portálu byla vyhodnocena metoda HTTP server push. Z pohledu kompresních algoritmů byla zavedena podpora pro MJPEG a jeho modifikace.

3 Webové služby IS/STAG

K datovým zdrojům IS/STAG lze přistupovat prostřednictvím tzv. webových služeb. Webové služby zajišťují vzájemnou nezávislost klientského systému na architektuře serverového systému. Každá webová služba je identifikována svojí adresou, na které se provádí operace [2]. IS/STAG zpřístupňuje své webové služby přes architekturu REST nebo protokolem SOAP. Vzájemným srovnáním obou přístupů jsem dospěl k závěru, že pro tento webový portál použiji přístup přes architekturu REST. V budoucnu lze tak využít podporu pro získání odpovědi ve více datových formátech.

3.1 REST (REpresentational State Transfer)

Označení pro architektonický styl webové aplikace nebo služby, který navrhl a popsal ve své dizertační práci Roy Thomas Fielding v roce 2000 [3]. Zadáním adresy zdroje lze přímo přistupovat k datům, což umožňuje kešovat jednotlivé požadavky. Služba si z principu neukládá stav klienta, přičemž stavy jsou reprezentovány pouze adresami svých zdrojů pomocí URI. Nejpoužívanějším protokolem je HTTP, jehož metody přímo určují typ operace, která se nad zdrojem vykoná. Možnost získat nativně odpověď v různých datových formátech je klíčovou výhodou přístupu k webovým službám pomocí REST. Lze tak efektivně snížit náklady na přenos dat.


```
<ns1:getSeznamPracovistResponse>
  <pracovisteList>
    <pracoviste>
      <level>0</level>
      <cisloPracoviste>7620</cisloPracoviste>
      <zkratka>ITE</zkratka>
      <nazev>Ústav informačních technologií a elektroniky</nazev>
      <anNazev>
        Institute of Information Technology and Electronics
      </anNazev>
      <nadrazenePracoviste>FM</nadrazenePracoviste>
      <typPracoviste>K</typPracoviste>
      <typPracovisteTxt>Katedra</typPracovisteTxt>
      <platnostOd>1.1.2007</platnostOd>
      <typVedouciho>U</typVedouciho>
      <typVedoucihoTxt>vedoucí ústavu</typVedoucihoTxt>
      <vedouciUcitIdno>54739</vedouciUcitIdno>
      <vedouciJmeno>Zdeněk</vedouciJmeno>
      <vedouciPrijmeni>Plíva</vedouciPrijmeni>
    </pracoviste>
  </pracovisteList>
</ns1:getSeznamPracovistResponse>
```

Kód 3.1: Ukázka komunikace mezi webovým portálem a IS/STAG pomocí přístupu přes rozhraní REST. Na základě zkratky nadřazeného ústavu vrací adresa zdroje <https://stag-ws.tul.cz/ws/services/rest/ciselniky/getSeznamPracovist?zkratka=ITE> hierarchii pracovišť.

3.2 SOAP (Simple Object Access Protocol)

Stejně jako u architektury REST slouží SOAP pro výměnu strukturovaných informací v decentralizovaném a distribuovaném prostředí. Na rozdíl od stylu REST ho charakterizuje ryze funkcionální přístup k datům. WSDL určuje rozhraní webové služby a popisuje data zprávy používané při volání jednotlivých operací. Dále specifikuje porty a adresy, na kterých lze se službou komunikovat. Informace o zdroji jsou uvedeny přímo v těle zprávy a nejsou tedy součástí protokolu, kterým se zpráva posílá. Z WSDL lze navíc automaticky generovat klientský kód, který umí službu využívat [4]. SOAP umožňuje definice vlastních metod, není limitován metodami protokolu HTTP. Naproti tomu služby založené na protokolu SOAP vracejí výhradně zprávy ve formátu XML. V současné době není nad IS/STAG zprovozněna žádná vyhledávací služba [5] (např. UDDI).

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="no"?>
<SOAP-ENV:Envelope
  xmlns:SOAP-ENV="http://schemas.xmlsoap.org/soap/envelope/"
  xmlns:ns1="http://cxf.apache.org/bindings/xformat"
  xmlns:soap="http://schemas.xmlsoap.org/wsdl/soap/"
  xmlns:tns="http://stag-ws.zcu.cz/"
  xmlns:wsdl="http://schemas.xmlsoap.org/wsdl/"
  xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema"
  xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance">
  <SOAP-ENV:Body>
    <mns1:getSeznamPracovist xmlns:mns1="http://stag-ws.zcu.cz/">
      <zkratka></zkratka>
      <nadrazenePracoviste>FM</nadrazenePracoviste>
      <typPracoviste>K</typPracoviste>
    </mns1:getSeznamPracovist>
  </SOAP-ENV:Body>
</SOAP-ENV:Envelope>
```

Kód 3.2: Ukázka formátu SOAP žádosti na získání seznamu kateder z IS/STAG pro Fakultu mechatroniky, informatiky a mezioborových studií.

3.3 Ověření uživatele

Některé webové služby IS/STAG jsou přístupné pouze ověřeným uživatelům a lze je volat výhradně přes zabezpečenou vrstvu HTTPS [5]. Za tímto účelem se uživatel autentizuje přímo na serveru webových služeb. Výhoda takového centralizovaného přístupu spočívá v tom, že uživatel neposkytuje citlivé přihlašovací údaje žádné klientské aplikaci zvlášť. Každá zabezpečená webová služba požaduje v těle svého HTTP požadavku identifikační údaje o uživateli metodou HTTP Basic [5]. K webové službě se lze přihlásit také pomocí cookies, které mají navíc přednost.

3.3.1 HTTP Basic

- klasicky pomocí uživatelského jména a hesla, které uživatel zadá do přihlašovacího formuláře na serveru webových služeb
- dále pomocí uživatelského ticketu: místo uživatelského jména je uživatel identifikován pomocí unikátního řetězce, který má časově omezenou platnost (60 minut)

3.3.2 Cookies

Serveru webových služeb IS/STAG je doručena speciální cookie, která obsahuje již zmiňovaný unikátní identifikátor uživatele označovaný jako ticket.

Celý algoritmus ověření uživatele probíhá v následujících krocích.

1. Uživatel je přesměrován z portálu vzdáleného přístupu do laboratoří na adresu serveru webových služeb IS/STAG s uvedenou zpáteční adresou.
2. Uživatel vyplní své přihlašovací údaje. Po jejich ověření vygeneruje server webových služeb uživatelský ticket.
3. Ticket je spolu s uživatelským jménem a rolí z IS/STAG vrácen portálu vzdáleného přístupu do laboratoří ve formě parametru GET.
4. Server webových služeb zároveň zašle klientovi autentizační cookie, která bude po dobu její platnosti sloužit místo klasické autentizace.

Autentizační údaje uživatele jsou tedy zadány jen a pouze IS/STAG, který je dále nikam nepředává a webovému portálu pouze potvrdí, že uživatel prošel autentizací. Možnost spárovat svoji STAG identitu se svým profilem na portálu vzdálených laboratoří je volitelná. Pokud se však uživatel rozhodne, za účelem zvýšení svých práv, párování dokončit, webový portál si zaznamená pouze přihlašovací jméno, oprávnění a aktuální uživatelský ticket.



4 Shibboleth

Jedná se o open-source projekt vyvíjený americkým neziskovým sdružením Internet2¹². Shibboleth je uvolněn pod licencí Apache Software License¹³, která na rozdíl od licence GPL netrvá na tom, aby se vztahovala na všechny součásti hotového programu. Cílem projektu je umožnit uživateli jednotný přístup ke chráněným webovým zdrojům napříč systémy v rámci jedné nebo i více různých organizací. Organizace se sdružují do tzv. federací. V rámci každé federace rozlišujeme dva druhy subjektů.

- Poskytovatelé identit (Identity Provider, IdP) – spravují data o uživateli. Pro uživatele sítě LIANE je IdP Technická univerzita v Liberci.
- Poskytovatelé služeb (Service Provider, SP) – poskytují uživatelům federace webové služby a další chráněné zdroje. Pro přihlášeného uživatele je SP portál vzdáleného přístupu do laboratoří.

Technická univerzita v Liberci je členem české akademické federace identit eduID.cz. Federační infrastruktura se vyznačuje zejména bezpečným způsobem výměny informací o uživateli, kdy správci aplikací neudržují autentizační data uživatelů [6]. Autentizace probíhá vždy v kontextu domovské organizace [6]. Citlivé autentizační údaje uživatele neopouští domovskou síť [6].

4.1 Princip činnosti

Komunikace a výměna dat mezi IdP a SP probíhá prostřednictvím zpráv v jazyce SAML (Security Assertion Markup Language). Údaje o uživateli jsou distribuovány ve formě tzv. atributů. Na jejich základě může SP rozhodovat o řízení přístupu ke svým službám. Atributem může být např. e-mail uživatele nebo jeho role v rámci dané organizace (student, vyučující).

¹² <http://www.internet2.edu/products-services/trust-identity-middleware/shibboleth/>

¹³ Dostupná z <http://www.apache.org/licenses/LICENSE-2.0.html>.



4.1.1 Metadata

Parametry komunikace mezi IdP a SP jsou uloženy ve formě speciálního XML souboru splňujícího standard SAML. Informace v něm uložené se označují termínem metadata. SP v něm mj. specifikuje požadavky na atributy nebo adresy, na které se mají posílat požadavky různých protokolů, které SP podporuje. Pro správnou komunikaci s IdP musí metadata soubor obsahovat také veřejný klíč SP používaný k autentizaci a šifrování. Správa metadat je klíčová pro zajištění chodu celé federace.

4.1.2 Single Sign-On

Shibboleth zahrnuje implementaci systému jednotného přihlášení typu Single Sign-On (SSO). Princip řízení přístupu metodou SSO spočívá v tom, že uživatel se v rámci sezení identifikuje svému IdP pouze jednou. Získaný bezpečnostní kontext ho poté automaticky opravňuje k využívání ostatních chráněných služeb.

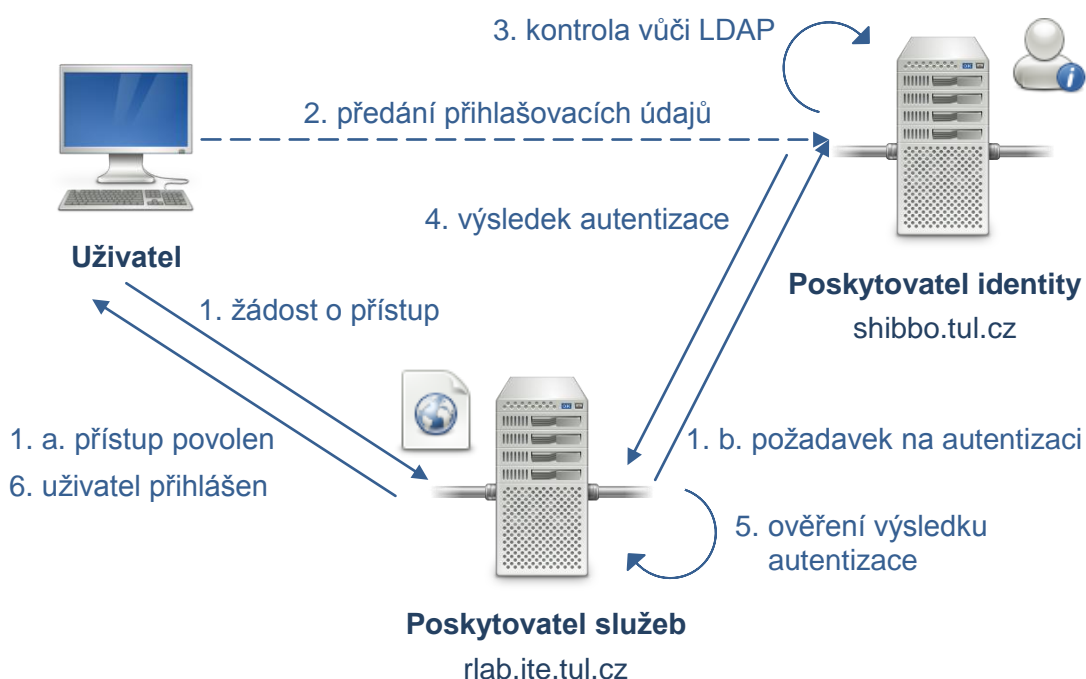
Situaci, kdy SP potřebuje znát domovskou organizaci daného uživatele, řeší služba Where Are You From (WAYF), která je zřízena v rámci federace. Před zahájením ověřování identity je uživatel nejprve odkázán na rozhraní této služby, kde si vybere ze seznamu svého IdP. Následně dojde k přesměrování požadavku na autentizaci k vybranému IdP a proces ověření identity pokračuje standardním způsobem. Tento mezikrok by se dal zařadit mezi kroky 1. a 2. na obr. 4.1.

4.2 Popis autentizace

Následující situace popisuje realizaci přihlášení v rámci portálu vzdáleného přístupu do laboratoří pomocí technologie Shibboleth.

1. Uživatel žádá o přihlášení a přístup do uživatelské sekce portálu.
 - a. Pokud se nejedná o první přihlášení v rámci sezení a existuje platný bezpečnostní kontext, potom je uživateli přístup ze strany SP umožněn.
 - b. V opačném případě je požadavek na autentizaci přesměrován na server IdP, který poskytuje své služby uživatelům sítě LIANE. Formát požadavku a další nezbytné komunikační parametry jsou specifikovány v metadatach (viz kapitolu 4.1.1), které má k dispozici IdP i SP.
2. Uživatel vyplní na serveru IdP své přihlašovací údaje a potvrdí svůj požadavek.

3. Server IdP ověří správnost zadaných údajů vůči LDAP záznamu.
4. Po úspěšném ověření identity uživatele připraví IdP odpověď ve formě SAML tvrzení, kterou zašifruje veřejným klíčem SP a odešle ji.
5. SP ji dešifruje a zkontroluje. Zároveň založí bezpečnostní kontext a extrahuje z autentizační odpovědi požadované atributy (e-mail + role).
6. SP předá dostupné údaje o uživateli portálu vzdáleného přístupu do laboratoří, který na základě e-mailové adresy přihlásí konkrétního uživatele.



Obr. 4.1: Průběh autentizace uživatele pomocí technologie Shibboleth

14

¹⁴ Ikony použité na obr. 2.1, obr. 2.2, obr. 2.3 a obr. 4.1, pochází z balíčku ikon pro desktopové prostředí GNOME (verze 3.12.0). Dostupný z: <http://ftp.gnome.org/pub/gnome/sources/gnome-icon-theme/3.12/>. Balíček je šířen pod svobodnou licencí Creative Commons AttributionShare-Alike 3.0. Dostupná z: <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>.

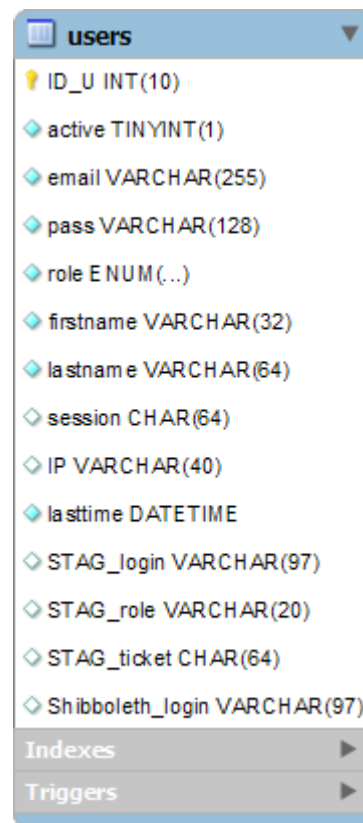
5 Databázová struktura

Po analýze požadavků byly stanoveny hlavní entity a zároveň byly specifikovány jejich atributy. Databázové schéma bylo navrženo i s ohledem na množství ukládaných dat. Důraz byl kladen také na volbu indexů, které mají vliv na celkový výkon SŘBD. Během procesu dekompozice byly odstraněny duplicity a schéma bylo převedeno do třetí normální formy. Kardinalita a parcialita jednotlivých relací je znázorněna v ER diagramu, který obsahuje příloha A.

5.1 Entita users

Informace o registrovaných uživateli obsahuje entita *users*. Seznam atributů včetně použitých datových typů je znázorněn na obr. 5.1. Primárním klíčem entity je identifikátor uživatele. Přihlašovací jméno je reprezentováno atributem *email*, nad kterým je zaveden index typu UNIQUE. Nepovinné atributy jsou označeny prázdným kosočtvercem.

- **ID_U** – identifikátor uživatele
- **active** – označení aktivovaného (1) nebo neaktivního uživatelského účtu (0)
- **email** – registrovaná e-mailová adresa (uživatelské jméno)
- **pass** – otisk heslové fráze rozšířený o náhodně generovanou „sůl“ (ochrana proti útoku hrubou silou ve spojení s duhovými tabulkami [14])
- **role** – uživatelská role (viz kapitolu 6.3), očekávané hodnoty:
 - **user** – externí uživatel s registrací
 - **stag_user** – interní uživatel s přístupem do IS/STAG (student, vyučující)
 - **admin** – správce portálu bez IS/STAG
 - **stag_admin** – správce portálu s přístupem do IS/STAG



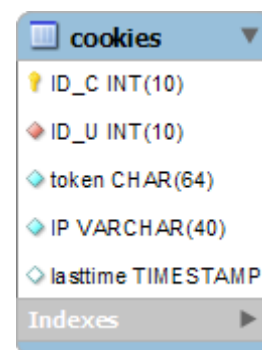
Obr. 5.1: Entita *users*

- **firstname** – křestní jméno uživatele
- **lastname** – příjmení uživatele
- **session** – generovaný pseudonáhodný řetězec alfanumerických znaků, který slouží pro autentizaci uživatele pomocí session (viz kapitolu 6.5.1), nejde o Session ID!
- **IP** – IP adresa, ze které uživatel přistoupil k webovému portálu, kontrolní prvek používaný při autentizaci (viz kapitolu 6.5.1)
- **lasttime** – datum a čas posledního přístupu k webovému portálu, prvek používaný při kontrole platnosti session relace v souvislosti s autentizací (viz kapitolu 6.5.1)
- **STAG_login** – přihlašovací jméno do IS/STAG
 - studenti zde mají uloženo jedinečné evidenční číslo (osobní číslo), které reprezentuje právě jedno studium a po dobu jeho trvání je neměnné [1]
 - vyučující používají tzv. STAG identitu (jmeno_prijmeni), na kterou jsou vázány veškeré záležitosti související se studijní agendou [1]
- **STAG_role** – oprávnění v IS/STAG; specifikace [1] rozděluje uživatele do několika skupin, členství uživatele v jednotlivých skupinách určuje jeho postavení v rámci IS/STAG; pro webový portál jsou relevantní následující dvě skupiny:
 - **ST** – označení pro roli interní student (viz kapitolu 6.3)
 - **VY** – označení pro roli interní vyučující (viz kapitolu 6.3), skupina VY sdružuje role garant (Ga), přednášející (Př), vedoucí cvičení (Cv) a vedoucí semináře (Se)
- **STAG_ticket** – autentizační ticket pro komunikaci s webovými službami IS/STAG (viz kapitolu 3.3.2)
- **Shibboleth_login** – přihlašovací jméno uživatele do sítě LIANE, umožňuje spárovat výsledek autentizace Shibboleth s konkrétním účtem v rámci webového portálu

5.2 Entita cookies

V případě, že je uživatel přihlášen pomocí cookie (viz kapitolu 6.5.2), existuje odpovídající záznam v entitě *cookie*. Každý uživatel zde může mít více záznamů. Záznam reprezentuje právě jednu uloženou relaci. Každý uživatel má aktivní pouze jednu relaci (viz kapitolu 6.5.2). Příslušnost cookie ke konkrétnímu uživateli je zajištěna použitím cizího klíče z entity *users*, který je znázorněn na obr. 5.2 pomocí červeného kosočtverce.

- **ID_C** – identifikátor autentizační cookie
- **ID_U** – oprávněný vlastník
- **token** – kontrolní řetězec, který je obsažen v autentizační cookie
- **IP** – IP adresa počítače, pro kterou je uložena relace povolena
- **lasttime** – datum a čas posledního využití uložené relace, ukazatel paralelních relací (viz kapitolu 6.5.2)

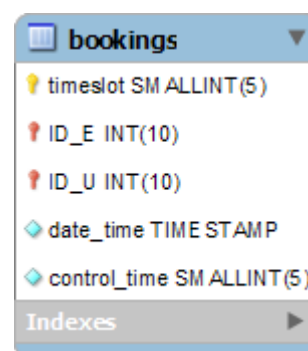


Obr. 5.2: Entita *cookies*

5.3 Entita bookings

Rezervace uživatelů (*ID_U*) do jednotlivých experimentů (*ID_E*) jsou ukládány do entity *bookings*. Primární klíč je složen z atributů *timeslot*, *ID_E* a *ID_U*. Atribut *timeslot* reprezentuje pořadové číslo opakování experimentu. V případě změny načasování experimentu tak nejsou uživatelé nuceni vytvářet své rezervace znovu. Nicméně manipulace s rezervacemi se neobejde bez vyčíslení časového dělení příslušných experimentů. Cizí klíče jsou tvořeny atributy *ID_U* a *ID_E*. Použité datové typy jsou zobrazeny vedle každého atributu na obr. 5.3.

- **timeslot** – pořadové číslo události vzhledem k periodě opakování experimentu
- **ID_E** – identifikátor experimentu, do kterého je vytvořena rezervace
- **ID_U** – vlastník rezervace
- **date_time** – datum a čas vzniku rezervace
- **control_time** – počet minut strávených ovládáním experimentu v rámci dané rezervace



Obr. 5.3: Entita *bookings*

5.4 Entita experiments

Informace o jednotlivých experimentech obsahuje entita *experiments*. Primárním klíčem entity je identifikátor experimentu. Cizí klíč je tvořen identifikátorem uživatele, který reprezentuje autora experimentu. Další cizí klíč je nastaven na atributu pro identifikaci

virtuální místnosti, ve které se experiment odehrává. Význam jednotlivých atributů je vysvětlen u obr. 5.4.

- **ID_E** – identifikátor experimentu
- **author** – identifikátor zakladatele experimentu, který má právo experiment spravovat
- **room** – identifikátor virtuální místnosti, která obsahuje pracoviště pro obsluhu experimentu
- **name** – označení experimentu, zobrazené např. v katalogu
- **description** – popis experimentu (nepovinný)
- **pass** – otisk heslové fráze, zabezpečení přístupu k experimentu (volitelně)
- **capacity_control** – maximální počet obsluhujících uživatelů, odpovídá počtu pracovišť vyhrazených pro daný experiment
- **capacity_watch** – maximální počet sledujících účastníků, limitován maximální propustností nejslabšího zařízení ve skupině vyhrazených pracovišť
- **max_reserved_time** – čas, který je možné strávit ovládáním zařízení v rámci experimentu, ochrana před záměrným opakovaným blokováním zařízení
- **startdate** – datum začátku experimentu nebo také datum první periody opakování experimentu
- **enddate** – datum konce experimentu nebo také konec první periody opakování, v případě denního opakování je shodný s atributem *startdate*
- **validdate** – datum, který shora ohraničuje platnost experimentu, zabraňuje jeho dalšímu opakování
- **starttime** – čas vyjadřující počátek experimentu
- **endtime** – konečný čas trvání experimentu
- **validtime** – ve spojení s atributem *validdate* omezuje časovou platnost experimentu



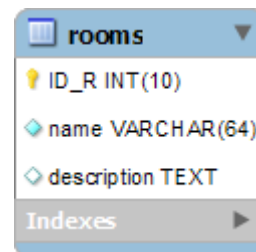
Obr. 5.4: Entita *experiments*

- **frequency** – výčtový datový typ, který vymezuje povolené hodnoty opakování experimentu:
 - **once** – experiment proběhne pouze jednou
 - **daily** – začátek experimentu definovaný atributem *starttime* se bude opakovat každých 24 hodin až do konce platnosti experimentu, který je definován atributy *validdate* a *validtime*
 - **weekly** – začátek experimentu definovaný atributy *startdate* a *starttime* se bude opakovat každých 7 dní až do konce platnosti experimentu, který je definován atributy *validdate* a *validtime*
 - **two-weekly** – začátek experimentu definovaný atributy *startdate* a *starttime* se bude opakovat každých 14 dní až do konce platnosti experimentu, který je definován atributy *validdate* a *validtime*
 - **monthly** – začátek experimentu definovaný atributy *startdate* a *starttime* se bude opakovat každé 4 týdny (tj. za 28 dní) až do konce platnosti experimentu, který je definován atributy *validdate* a *validtime*
 - **yearly** – začátek experimentu definovaný atributy *startdate* a *starttime* se bude opakovat každý 1 rok až do konce platnosti experimentu, který je definován atributy *validdate* a *validtime*
- **STAG_only** – vstup i rezervace do experimentu jsou umožněny pouze uživatelům, kteří mají zapsanu danou rozvrhovou akci v IS/STAG
- **STAG_roakIdno** – identifikátor rozvrhové akce v IS/STAG, pokud má tento atribut hodnotu *NULL*, experiment je považován za veřejný
- **STAG_pracoviste** – informace o nadřazeném pracovišti z IS/STAG
- **STAG_katedra** – označení katedry v IS/STAG, na které probíhá daná rozvrhová akce
- **STAG_predmet** – označení předmětu, který je s danou rozvrhovou akcí spojen v IS/STAG
- **image** – identifikátor obrazového souboru, pod kterým se na serveru nachází logo experimentu (volitelně)

5.5 Entita rooms

Pro uložení virtuálních místností byla navržena pomocná entita *rooms*. Popis atributů se nachází nalevo od obr. 5.5. Každý experiment se odehrává v rámci jedné místnosti. Místnost může být sdílena více experimenty. Pracoviště stejného typu jsou sdruženy do jedné virtuální místnosti.

- **ID_R** – identifikátor místnosti
- **name** – označení virtuální místnosti, které musí být unikátní, zobrazeno např. vyučujícímu při zakládání experimentu
- **description** – popis místnosti (volitelně)

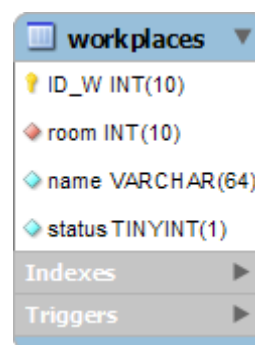


Obr. 5.5: Entita *rooms*

5.6 Entita workplaces

Pracoviště se skládá ze skupiny zařízení, které zajišťují průběh experimentu. Všechna pracoviště mají záznam v entitě *workplaces*. Počet uživatelů, kteří mohou ovládat zařízení v jeden okamžik, je dán počtem pracovišť ve virtuální místnosti, kde experiment právě probíhá. Kapacita využití každého pracoviště je limitována vybavením s minimální kapacitou pro sledování, která se na daném pracovišti vyskytuje. Pracoviště je členem právě jedné virtuální místnosti. Cizí klíč *room* odkazuje na atribut *ID_R* (viz kapitolu 5.5). Ostatní atributy jsou popsány vedle obr. 5.6.

- **ID_W** – identifikátor pracoviště
- **room** – odkaz na místnost, ve které se nachází dané pracoviště
- **name** – název pracoviště, unikátnost není vyžadována
- **status** – aktuální stav pracoviště, který se odvíjí od aktuálního využití podřízených zařízení



Obr. 5.6: Entita *workplaces*

Používané indikátory stavu:

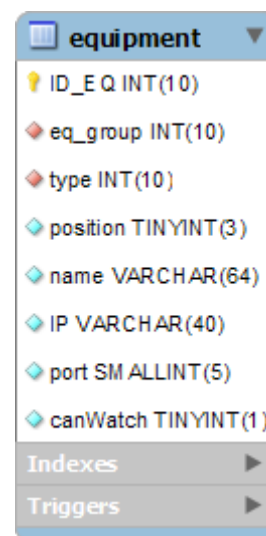
- **0** – pracoviště je dostupné pro ovládání,
- **1** – pracoviště bylo administrátorem deaktivováno,
- **2** – zařízení na tomto pracovišti jsou právě ovládána.

Aktualizace dostupné kapacity pro ovládání, která je definována v entitě *experiments* (viz kapitolu 5.4), je zajištěna pomocí dvou triggerů. První trigger je vykonán po vložení pracoviště a přidá jedno místo pro ovládání každému experimentu, který probíhá v místnosti, kde bylo přidáno nové pracoviště. Druhý trigger naopak snižuje dostupnou kapacitu pro ovládání v případě, kdy bylo odstraněno pracoviště.

5.7 Entita equipment

Laboratorní vybavení je definováno v entitě *equipment*. Primární klíč je tvořen identifikátorem zařízení. Umístění zařízení na pracovišti je zajištěno použitím cizího klíče z entity *workplaces* (viz kapitolu 5.6). Zařízení se nachází právě na jednom pracovišti. Typ zařízení je vyčleněn do entity *equipment_types* (viz kapitolu 5.8), aby mohl být sdílen stejnými zařízeními. Atribut *type* představuje referenci na typ zařízení a jeho parametry. Význam zbývajících atributů je vysvětlen vedle obr. 5.7.

- **ID_EQ** – identifikátor zařízení
- **eq_group** – reference na pracoviště
- **type** – identifikátor typu zařízení
- **position** – podle pozice na pracovišti jsou zařízení zobrazena v okně webového prohlížeče
- **name** – označení zařízení, jehož unikátnost není vyžadována
- **IP** – umístění zařízení na síti identifikované IP adresou
- **port** – port cílového zařízení, na který jsou směrovány požadavky jednotlivých uživatelů
- **canWatch** – blokuje (0) nebo zpřístupňuje (1) zařízení sledujícím uživatelům



Obr. 5.7: Entita *equipment*

Nad entitou *equipment* operují celkem dva triggeru. První z nich je proveden těsně před vložení nového zařízení a jeho úkolem je zajistit, aby byla novému zařízení nastavena poslední pozice na pracovišti. Po odstranění zařízení se provede tělo druhého triggeru (viz kód 5.1). Jeho úkolem je aktualizovat kapacitu pro sledování u závislých experimentů.

```
CREATE TRIGGER `Experiments_UPDATE_capacity_watch_AD`  
AFTER DELETE ON `equipment`  
FOR EACH ROW BEGIN  
    DECLARE new_capacity INT;  
  
    SELECT SUM(`capacity_watch`) INTO new_capacity FROM (  
        SELECT MIN(`equipment_types`.`max_capacity_watch`) AS capacity_watch  
        FROM `workplaces` JOIN `equipment` ON  
            `workplaces`.`ID_W` = `equipment`.`eq_group` JOIN `equipment_types` ON  
            `equipment`.`type` = `equipment_types`.`ID_EQT`  
        WHERE `workplaces`.`status` <> 1 AND `equipment`.`canWatch` = 1 AND  
            `workplaces`.`room` IN (  
                SELECT DISTINCT `room` FROM `workplaces` WHERE `ID_W` = OLD.`eq_group`  
            )  
        GROUP BY `workplaces`.`ID_W`  
    ) `tmp_cap`;  
  
    UPDATE `experiments` SET `experiments`.`capacity_watch` = new_capacity  
    WHERE `experiments`.`capacity_watch` > new_capacity AND  
        NOW() <= `experiments`.`validdate` AND `experiments`.`ID_E` IN (  
        SELECT `ID_E` FROM (  
            SELECT `ID_E` FROM `experiments`  
            WHERE `room` IN (  
                SELECT DISTINCT `room` FROM `workplaces` WHERE `ID_W` = OLD.`eq_group`  
            )  
        ) AS `tmp_exp`  
    );  
END
```

Kód 5.1: Trigger pro aktualizaci kapacity pro sledování u závislých experimentů

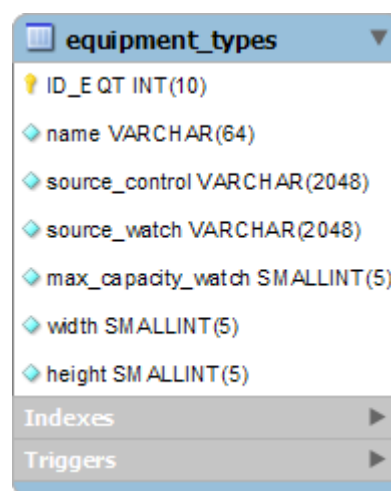
V prvním složeném dotazu je zjištěna místnost, ve které se nacházelo zařízení. Pro danou místnost jsou získána všechna zařízení, která nejsou neaktivní a zároveň jsou dostupná také sledujícím uživatelům. Zařízení jsou následně seskupena podle svých pracovišť. Na každém pracovišti je vybráno zařízení s nejnižší kapacitou pro sledování. Kapacity jsou sečteny a uloženy do pomocné proměnné.

Následuje příkaz pro aktualizaci kapacity, ve kterém je nejprve získána virtuální místnost, ve které se nacházelo odstraněné zařízení. Na základě místnosti jsou filtrovány závislé aktivní experimenty. Výběr je zároveň omezen pouze na ty experimenty, které mají kapacitu pro sledování vyšší než, která je momentálně dostupná (v pomocné proměnné). Experimenty, které mají (záměrně) nastavenou nižší kapacitu, tímto nebudou ovlivněny.

5.8 Entita *equipment_types*

Druhy laboratorního vybavení včetně dostupných parametrů obsahuje entita *equipment_types*. Parametry typu zařízení jsou využívány pro zobrazení v okně webového prohlížeče při sledování nebo ovládání experimentu. Jejich popis je umístěn vedle obr. 5.8. Primární klíč entity je tvořen identifikátorem typu zařízení. Stejný typ zařízení může odkazovat na více fyzických zařízení v entitě *equipment* (viz kapitolu 5.7). Zároveň platí, že druh zařízení nemusí být aktuálně použit.

- **ID_EQT** – identifikátor typu zařízení
- **name** – unikátní označení typu zařízení, na jeho základě lze později rozhodnout např. o vložení skriptu pro inicializaci experimentů protokolem VNC
- **source_control** – specifikace zdroje pro ovládající uživatele, např. přesné umístění kontejneru s ovládacími prvky (volitelně)
- **source_watch** – specifikace zdroje pro sledující uživatele, např. přesné umístění MJPEG streamu na IP kameře (volitelně)



Obr. 5.8: Entita *equipment_types*

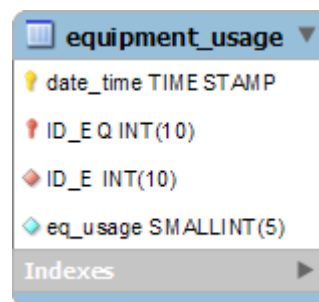
- **max_capacity_watch** – maximální počet uživatelů s ohledem na parametry zařízení, spolu s triggerem (viz níže) zabraňuje přetížení zařízení vysokým počtem připojených uživatelů; typ zařízení je dostupný, jestliže má kapacitu > 0
- **width** – šířka okna experimentu, která bude vyhrazena pro daný typ zařízení
- **height** – výška okna experimentu, která bude vyhrazena pro daný typ zařízení

Na změnu atributu *max_capacity_watch* reaguje trigger, který zajistí aktualizaci kapacity pro sledování v entitě *experiments* všem závislým experimentům s vyšší kapacitou. Pro daný typ zařízení jsou zjištěna zařízení, pracoviště a následně i místnosti, ve kterých se tento typ zařízení vyskytuje. Na základě místností jsou získány odpovídající aktivní experimenty. Jejich kapacita pro sledování je snížena pouze v případě, že je nastavena na vyšší hodnotu, než je maximální kapacita daného typu zařízení.

5.9 Entita *equipment_usage*

Využití jednotlivých zařízení je ukládáno v entitě *equipment_usage*. Aktuální využití je zaznamenáváno periodicky vykonáním skriptu, který použije proceduru pro získání seznamu probíhajících experimentů a přiřadí k nim aktuální využití zařízení z entity *forwarding* (viz kapitolu 5.10). Konfigurace periodického spuštění je uvedena v administrátorské příručce. Reference na číslo experimentu je ukládána spolu s aktuálním počtem uživatelů (viz obr. 5.9). Složený primární klíč je tvořen časovým razítkem a identifikátorem zařízení ve formě cizího klíče z entity *equipment* (viz kapitolu 5.7). Na základě znalosti identifikátoru zařízení a přesného data a času záznamu by se dalo zpětně určit, v rámci kterého experimentu bylo zařízení využíváno. V situaci, kdy by jeden z oprávněných uživatelů změnil časové parametry trvání experimentu, by se však mohlo stát, že by byla ztracena časová vazba na konkrétní experiment, nebo by se do daného timeslotu dostal jiný experiment v rámci dané místnosti. Z tohoto důvodu je tedy ukládán i odkaz na experiment, v rámci něhož bylo dané zařízení využíváno.

- **date_time** – datum a čas záznamu využití
- **ID_EQ** – identifikátor zařízení, pro které je využití zaznamenáno
- **ID_E** – reference na experiment
- **eq_usage** – počet uživatelů, kteří jsou připojeni k zařízení ve sledovaném okamžiku



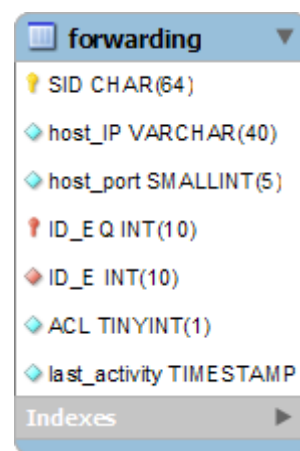
Obr. 5.9: Entita *equipment_usage*

5.10 Entita *forwarding*

Záznamy, které souvisí s přesměrováním přístupu ke vzdáleným zařízením, jsou uchovávány v entitě *forwarding*. Návrh atributů vycházel z požadavku na možnost sledovat nebo ovládat zařízení přihlášeným i nepřihlášeným uživatelem. Z tohoto důvodu nemohl být využit identifikátor registrovaného uživatele jako primární klíč. Pro identifikaci uživatele byl proto vybrán jedinečný identifikátor relace, který je v jazyce PHP reprezentován parametrem SID (Session ID). Použití samotného SID bylo zamítnuto z bezpečnostních důvodů. Autentizace uživatele ve vztahu k danému zařízení

byla navržena jako kombinace SID a IP adresy uživatele webového portálu. Oba parametry jsou zapouzdřeny v rámci jednoho otisku, který je součástí primárního klíče entity *forwarding*. Identifikátor zařízení tvoří druhou polovinu složeného primárního klíče. Pro případ, že bude zařízení sledováno současně více uživateli v kontextu různých experimentů, musel být přidán cizí klíč ve formě identifikátoru experimentu z entity *experiments* (viz kapitolu 5.4). Pozitivním důsledkem bylo zvýšení výkonu, protože není nutné spojovat entity, aby bylo zjištěno, v rámci kterého experimentu je zařízení alokováno. Význam zbývajících atributů je vysvětlen vedle obr. 5.10.

- **SID** – identifikátor relace (popis nahoře)
- **host_IP** – veřejná IP adresa uživatele, ze které přistupuje k webovému portálu
- **host_port** – unikátní číslo portu, přes které je zařízení zpřístupněno uživateli (popis viz kapitolu 2.2)
- **ID_EQ** – identifikátor zařízení
- **ID_E** – reference na související experiment
- **ACL** – úroveň oprávnění k danému zařízení:
 - **0** – sledování bez rezervace
 - **1** – sledování s rezervací
 - **2** – ovládání bez rezervace
 - **3** – ovládání s rezervací
- **last_activity** – datum a čas poslední zaznamenané aktivity



Obr. 5.10: Entita *forwarding*

Nad entitou *forwarding* periodicky operuje skript, který zajišťuje synchronizaci záznamů v databázi s aktuálně nastavenými směrovacími pravidly. Odebrání směrovacího pravidla je závislé na parametru poslední zaznamenané aktivity, která je reprezentována atributem *date_time* v entitě *forwarding*. Aktivita na experimentu je v pravidelných intervalech potvrzována serveru klientskou částí webového portálu. Jestliže uživatel opustí experiment a server neobdrží ve stanoveném čase žádost o prodloužení rezervace, zařízení bude synchronizačním skriptem odblokováno pro ostatní uživatele.

6 Realizace portálu

Realizaci webového portálu předcházela volba vhodných technologií. Pro jeho vývoj byly vybrány volně dostupné technologie. Metody byly opatřeny anotacemi, které popisují jejich parametry a návratové hodnoty. Dokumentace v kódu by měla usnadnit budoucí rozvoj webového portálu. Technologie byly rozděleny z pohledu serveru a webového prohlížeče na serverové (viz kapitolu 6.1) a klientské (viz kapitolu 6.2).

Následně byly popsány jednotlivé uživatelské role v kapitole 6.3. Na kapitolu 6.4 s názvem Registrace byly navázány jednotlivé způsoby autentizace (viz kapitolu 6.5). Popis významných částí webového portálu byl publikován ve zbývajících kapitolách.

6.1 Serverové technologie

Pro vývoj webového portálu byl zvolen programovací jazyk PHP s objektovým přístupem. Nízké provozní režie bylo dosaženo použitím čistého PHP. S ohledem na použité funkce je vyžadována alespoň verze 5.3.8. Začleněním architektonického vzoru MVC bylo dosaženo oddělení datového modelu od aplikační logiky a uživatelského rozhraní. Třídy pro operaci nad daty jsou soustředěny do adresáře *model*. Jádro webového portálu je tvořeno třídami v adresáři *application*. Samotná aplikační logika je zajištěna třídami v adresáři *controllers*. Pohledy na data jsou shromážděny v adresáři *views*. Struktura návrhového vzoru umožňuje budoucí snadnou rozšiřitelnost.

Byla provedena analýza požadavků kladených na databázový systém webového portálu. Jako důležitý parametr byla vyhodnocena konzistence dat navzdory mírné degradaci výkonu. Proto byla dána přednost databázi typu SQL před databázemi typu NoSQL. Koncept ACID uplatňovaný v relačních databázových systémech SQL zajišťuje spolehlivé provádění databázových transakcí a konzistenci dat. NoSQL databáze však upřednostňují přístup BASE, který preferuje dostupnost a výkon před konzistencí a izolací.

Při výběru vhodné relační databáze byla zohledněna dostupnost dokumentace, agilnost vývoje, licenční podmínky a podpora v cílovém operačním systému. Nejlepších parametrů dosáhla relační databáze MariaDB⁴. Vznikla odvozením od MySQL



a do verze 5.x je s ní také binárně kompatibilní [15]. Na jejím vývoji se podílí původní autoři MySQL [15]. MariaDB je šířena pod licencí GNU General Public License, version 2¹⁵. Oproti MySQL se vyznačuje vyšším výkonem a rychlejším odstraňováním bezpečnostních chyb [15]. Vzhledem k potřebě udržovat referenční integritu bylo zvoleno úložiště InnoDB.

6.2 Klientské technologie

Klientská část portálu je obsluhována javascriptovým frameworkem jQuery. Použití pokročilých formulářových komponent je umožněno knihovnou jQuery UI. Pro efektivní práci s kalendářovými daty byl framework rozšířen o plugin Timepicker¹⁶. Ošetření a validace vstupních dat je prováděna také na straně webového prohlížeče pluginem Validation¹⁷, který byl podle potřeby rozšířen o další metody. Komfortní práce s tabulkami je zajištěna pluginem Tablesorter¹⁸ a jeho rozšířením Pager plugin¹⁸. Skripty jsou umístěny v adresáři *includes/scripts*. Při vypnutém JavaScriptu mohou být některé funkce webového portálu omezené.

Všechny části webového portálu splňují požadavky konsorcia W3C na jejich validitu. Testem na syntaktickou správnost prošly rovněž kaskádové styly. Hlavní menu webového portálu vychází z volně dostupného Colored Tab Dropdown¹⁹. Ikony použité ve webovém rozhraní portálu pochází z balíčku ikon²⁰ pro desktopové prostředí KDE 3.x. Balíček je distribuován pod licencí GPL a jeho autorem je Alessandro Rei. Ostatní ikonky pochází z balíčku Silk Icons²¹ od Marka Jamese, který je uvolnil pod licencí Creative Commons Attribution 3.0 License²².

¹⁵ Dostupná z <https://mariadb.com/kb/en/mariadb-license/>.

¹⁶ Dostupný z <http://trentrichardson.com/examples/timepicker/>.

¹⁷ Dostupný z <http://bassistance.de/jquery-plugins/jquery-plugin-validation/>.

¹⁸ Dostupné z <http://mottie.github.io/tablesorter/docs/>.

¹⁹ Dostupný z <http://cssmenu.com/menu/colored-tab-dropdown>.

²⁰ Dostupný z

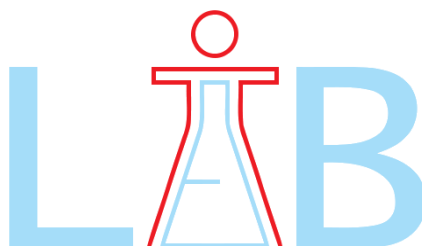
http://kde-look.org/content/show.php/DarkGlass_Reworked?content=67902.

²¹ Dostupný z <http://famfamfam.com/lab/icons/silk/>.

²² Dostupná z <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/>.



Webovému portálu bylo vytvořeno logo zobrazené na obr. 6.1, které bylo inspirováno názvem projektu iLAB. Červené písmeno „i“ bylo vhodně zakomponováno do modrého „A“. Písmeno „i“ je představováno piktogramem panáčka, který vyjadřuje vzdálený přístup k webovému portálu jednotlivými uživateli. Erlenmeyerova baňka byla využita pro sestavení písmena „A“ a symbolizuje laboratorní vybavení.



Obr. 6.1: Logo webového portálu iLAB

6.3 Uživatelské role

Z pohledu webového portálu lze rozdělit uživatele do sedmi skupin. Do skupiny uživatelů s nejnižším oprávněním patří nepřihlášení uživatelé bez registrace. V této práci budou označováni jako externí bez registrace. V rámci webového portálu mohou procházet katalog veřejných experimentů, sledovat aktuálně probíhající experimenty. Pokud je v rámci probíhajícího experimentu dostupné pracoviště pro ovládání experimentu, mají možnost také vzdáleně ovládat laboratorní zařízení. V případě, že si budou chtít zajistit ovládání i do budoucna, musí se zaregistrovat a vytvořit rezervaci. Takoví uživatelé budou označováni jako externí s registrací. Interní uživatelé mají navíc přístup do IS/STAG, který jim zaručuje vyšší práva, než mají externí s registrací. Vyšší oprávnění spočívá v možnosti přepsat rezervaci externímu s registrací. Podle výsledku autentizace je dále rozlišována role interní student, která se vyznačuje možností přepsat rezervaci internímu. Avšak pouze za předpokladu, že se jedná o experiment vytvořený na základě rozvrhové akce IS/STAG, na které je zapsán tento student. Další skupina uživatelů je tvořena vyučujícími, kteří mají spárován účet ve webovém portálu se svojí identitou v IS/STAG. Vyučující mohou vytvářet veřejné experimenty a dále experimenty založené na jednotlivých rozvrhových akcích z IS/STAG v rámci předmětů, které vyučují. Vyučujícím nadále zůstává možnost měnit nastavení těchto experimentů a administrovat jejich obsazení. Navíc mají k dispozici pro všechny své

experimenty historii rezervací a statistiku využití. Poslední dvě skupiny uživatelů jsou reprezentovány samotnými administrátory webového portálu. Administrátor, který nespáruje svůj účet s IS/STAG, ztrácí možnost spravovat experimenty založené na jednotlivých rozvrhových akcích IS/STAG. Konfigurace parametrů vzdáleného laboratorního vybavení je však dostupná pro oba typy administrátorů. Rovněž statistiku využití jednotlivých zařízení mohou sledovat oba typy administrátorů. Hierarchie uživatelských rolí včetně oprávnění je shrnuta v tab. 6.1.

Tab. 6.1: Přehled uživatelských rolí a oprávnění

| Uživatel | Přihlášení | Propojení s IS/STAG | Oprávnění |
|------------------------|------------|---------------------|--|
| externí bez registrace | ne | ne | procházet katalog experimentů; ovládat zařízení, pokud je volno; pouze sledovat, pokud je obsazeno |
| externí s registrací | ano | ne | jako externí bez registrace + vytvářet rezervace |
| interní | ano | ano | jako externí s registrací + přepsat rezervaci externímu s registrací |
| interní student | ano | ano | jako interní + zrušit rezervaci internímu |
| interní vyučující | ano | ano | jako interní student + zakládat a spravovat experimenty |
| administrátor | ano | ne | zakládat a spravovat veřejné experimenty; konfigurovat zařízení |
| interní administrátor | ano | ano | jako administrátor + spravovat exp. založené na rozvrhové akci IS/STAG |

6.4 Registrace

Součástí instalace webového portálu iLAB je rovněž registrace uživatele s právy administrátora. V případě, že bude spravovat webový portál více uživatelů, lze jim z bezpečnostních důvodů vytvořit účty pouze z administrační sekce portálu.

Registrační formulář pro ostatní uživatele se nachází ve veřejné části webového portálu. Z tohoto důvodu bylo nutné vytvořit obranný mechanismus proti hromadným registracím. Nabízelo se použití technologie CAPTCHA, která je však nepohodlná

pro uživatele. Navíc mnozí roboti ji dokážou relativně snadno prolomit. Bylo vycházeno z předpokladů, že roboti mají snahu vyplnit každé formulářové políčko a formulář odesílají prakticky okamžitě pomocí prvního odesílacího tlačítka, na které narazí. Proto bylo do formuláře přidáno skryté textové pole, dále časové razítko vyjadřující přesný čas načtení stránky a falešné odesílací tlačítko. Na základě těchto parametrů lze poměrně spolehlivě identifikovat, zaznamenat a zablokovat pokus o vytvoření falešného účtu. Administrační sekce portálu obsahuje seznam dlouhodobě neaktivních uživatelských účtů, které lze hromadně odstranit. Účty mohly být vytvořeny robotem nebo byly deaktivovány, protože se zjistilo, že student již nestuduje a jeho e-mailová adresa, v rámci sítě LIANE, byla přidělena jinému studentovi. Detekce probíhá při autentizaci pomocí technologie Shibboleth.

Následující postup registrace platí shodně pro administrátory i ostatní uživatele. E-mailová adresa představuje uživatelské jméno a musí být unikátní v rámci celého portálu. Po vytvoření uživatelského účtu jsou na zadanou e-mailovou adresu odeslány pokyny pro dokončení registrace. Součástí e-mailu je odkaz s identifikátorem konkrétního účtu a kontrolním řetězcem. Odkaz slouží k aktivaci účtu a potvrzení platnosti registrované e-mailové adresy. Při prvním přihlášení má uživatel možnost spárovat svůj účet se svojí identitou v IS/STAG. Průběh autentizace je podrobně popsán v kapitole 3.3. Tento krok je následován možností propojit svůj účet také se sítí LIANE. Uživatel se následně může přihlašovat u svého poskytovatele identity pomocí technologie Shibboleth. Pokud nyní neproběhne párování, lze ho dokončit kdykoliv později ve svém profilu. Jestliže uživatel nemá svůj účet v IS/STAG nebo v síti LIANE, lze tyto kroky přeskočit.

6.5 Autentizace

Webový portál podporuje celkem tři způsoby autentizace. Přihlášení lze provést pomocí session, cookie nebo technologií Shibboleth.

6.5.1 Session

Pokud je uživatel přihlášen do webového portálu bez možnosti *přihlásit se trvale na tomto počítači*, potom se ověřuje příslušnost session identifikátoru relace s jeho uživatelským jménem a IP adresou. Uživatelské jméno je předáváno pomocí session

proměnné, přičemž IP adresa klienta je zjišťována na serveru. Při každém požadavku se navíc kontroluje, jestli nevypršel časový limit pro automatické odhlášení při neaktivitě. Z bezpečnostních důvodů je session identifikátor pravidelně regenerován. Jeden session identifikátor pro každého uživatele znemožňuje vytváření paralelních relací.

6.5.2 Cookie

Autentizace pomocí cookie přichází na řadu v případě, kdy webový prohlížeč nemá platnou session relaci, ale disponuje dříve uloženou přihlašovací cookie. Cookie obsahuje bezpečnostní token, který je zároveň uložen v databázi na serveru. Token je generován při požadavku na přihlášení s volbou *přihlásit se trvale na tomto počítači*. Platnost cookie je nastavena na dobu šesti měsíců. Po přihlášení pomocí cookie jsou zaznamenány datum a čas přístupu spolu s IP adresou klienta. Následně se vytvoří session proměnné z toho důvodu, aby se při každém požadavku nemusely znovu kontrolovat cookies. Autentizaci poté zajišťuje mechanismus session až do doby, než vyprší platnost relace.

Každý registrovaný uživatel má ve svém profilu možnost odhlásit vybrané relace. Díky tomu lze vzdáleně zneplatnit nežádoucí uložená přihlášení. Při každém přihlášení je navíc prováděna detekce pokusu o vytvoření souběžných relací. Pokus o sestavení paralelního spojení by spočíval např. v tom, že uživatel by měl zapamatované přihlášení na dvou počítačích. Na prvním z nich by měl platnou session relaci a byl přihlášen. Pokud by nyní předložil webovému portálu platnou cookie z druhého počítače, server by ho autentizoval a regeneroval session identifikátor. Pokud by nyní odeslal požadavek z prvního počítače, server by sice zamítl jeho session identifikátor, nicméně přijal by platnou cookie a uživatele stejně autentizoval. V takovém případě by uživatel vedl souběžně dvě relace. Jako opatření proti takovému jednání byla navržena kontrola data a času posledního přístupu pro každou uloženou cookie, která je prováděna při každém přihlášení pomocí cookie. Za paralelní přihlašovací cookie je považována cookie s časem posledního přístupu menším než pět minut.

6.5.3 Shibboleth

Přihlášení pomocí technologie Shibboleth je dostupné pouze uživatelům, kteří mají svůj účet v síti LIANE. Podmínkou je předběžná registrace do webového portálu iLAB. Tento požadavek vychází z předpokladu, že oprávnění k registraci do portálu musí mít také uživatelé mimo univerzitu. V případě, že by jediným autentizačním bodem byl Shibboleth, neexistoval by způsob, jak identifikovat externí uživatele. Z tohoto důvodu byla navržena povinná registrace pro všechny uživatele a jako volitelný způsob autentizace byl implementován Shibboleth. Podrobný popis této technologie včetně principu autentizace je popsán v kapitole 4.2.

6.6 Vytvoření experimentu

Webový portál umožňuje založení dvou typů experimentů:

- veřejný experiment,
- experiment vytvořený na základě existující rozvrhové akce z IS/STAG.

Právo zakládat veřejné experimenty mají všichni administrátoři a dále uživatelé s propojenou identitou z IS/STAG, kteří zároveň disponují minimálně rolí vyučujícího. Vytvářet IS/STAG experimenty mohou výše zmiňovaní uživatelé s výjimkou administrátorů, kteří nemají propojenou identitu s IS/STAG. Formuláře pro založení obou typů experimentů jsou dostupné pod položkou *Správa* v hlavním menu portálu.

6.6.1 Veřejný experiment

Při vytváření experimentu se zadává jeho název v délce 3 až 64 znaků. Je doporučeno uvést ke každému experimentu stručnou charakteristiku do textového pole *Popis*. Podle určení experimentu se ze seznamu vybírá místnost, která obsahuje požadovaná pracoviště. Po vytvoření experimentu je s ním místnost pevně spojena a není možné ji později změnit. Na základě počtu dostupných pracovišť a nastavené maximální kapacity pro sledování všech závislých zařízení, jsou automaticky předvyplněny příslušné kapacity ve formuláři níže. Každý experiment lze dále opatřit heslem v délce alespoň šesti znaků. Kapacitu účastníků, kteří budou moci ovládat vybavení laboratoře lze snížit v textovém poli s názvem *Kapacita pro ovládání*. Obdobně lze upravit i kapacitu účastníků pro sledování. Maximální a minimální hodnoty jsou omezeny na základě

parametrů vybrané místnosti. V dalším poli se nastavuje maximální součet minut v rámci experimentu vyhrazený pro ovládání jedním účastníkem s rezervací. V rámci frekvence opakování jsou na výběr následující možnosti: *jednou, denně, týdně, každých 14 dní, měsíčně* nebo *ročně*. Podle zvolené periody jsou automaticky přizpůsobovány hodnoty v následujících kalendářových polích. V interaktivním textovém poli s názvem *Začátek experimentu* se pomocí kalendáře nastavuje datum a čas prvního výskytu události, kdy se má otevřít možnost vstoupit do experimentu. V poli s názvem *Konec experimentu* se nastavuje datum a čas konce výskytu první události. Konec platnosti experimentu označuje datum a čas, dokdy se bude experiment vykonávat v závislosti na nastavené periodě opakování. Při denním opakování experimentu se např. nevyplňuje koncové datum události, protože je shodné s počátečním. V případě, že se experiment provede pouze jednou, nemá smysl uvažovat parametr *Konec platnosti*. Obsah všech polí je znovu zkontrolován na straně serveru před uložením do databáze.

6.6.2 Experiment z IS/STAG

Vytváření experimentu z IS/STAG bylo navrženo tak, aby vyučující měli k dispozici rozhraní se seznamem předmětů, ke kterým mají vztah v rámci IS/STAG (garant, přednášející, cvičící). Výběr se provádí z rozbalovací nabídky s názvem *Předmět*. V závislosti na zvoleném předmětu se dynamicky aktualizuje podnabídka s názvem *Termín*, která již obsahuje konkrétní rozvrhové akce. Způsob řazení položek v této nabídce odpovídá následujícímu klíči. Nejvyšší prioritu má přednáška, kterou následují cvičení a semináře podle pořadí v týdnu. Pokud má uživatel zakázaný JavaScript, musí navíc manuálně aktualizovat podnabídku *Termíny* pomocí tlačítka *Načíst*. Po zvolení konkrétního termínu se automaticky předvyplní informace, které lze získat z IS/STAG o konkrétní rozvrhové akci. Jedná se zejména o začátek a konec experimentu, frekvenci opakování a platnost experimentu. Uživatelé se zakázaným JavaScriptem mají pro tento účel k dispozici tlačítko *Vyplnit*. Oproti veřejnému experimentu lze navíc omezit přístup uživatelů k experimentu pomocí volby *Dostupný pouze pro zapsané v IS/STAG*. Pro zbývající atributy experimentu platí stejná pravidla jako pro veřejný experiment (viz kapitolu 6.6.1).

6.6.3 Logo experimentu

Po vytvoření experimentu je autorovi nabídnuta možnost nahrát k experimentu logo. Podporované formáty jsou GIF, JPG a PNG (také průhledné) do velikosti 1 MB. Maximální a zároveň doporučené rozlišení je 128×128 px. Větší obrázky budou automaticky zmenšeny. Loga jsou ukládány do adresáře *upload* na serveru, přičemž jako název souboru byl navržen otisk obrázku. Použitím otisku je zaručena unikátnost názvu souboru v rámci adresáře. Druhým pozitivním efektem je úspora místa na disku. Jestliže je k některému experimentu nahrán stejný obrázek, souhlasí také jeho otisk a více experimentů může sdílet stejný obrazový soubor. Odkaz na soubor s logem je uložen v databázi u příslušného experimentu. Při změně nebo odstranění loga je provedena kontrola ostatních experimentů, aby nebylo z disku odstraněno sdílené logo.

6.7 Probíhající experimenty

Seznam právě probíhajících experimentů je zobrazen registrovanému i neregistrovanému uživateli na úvodní straně webového portálu. Experimenty jsou zde rozděleny do dvou kategorií podle toho, jestli se jedná o experiment veřejný nebo experiment s vazbou na nějakou rozvrhovou akci v IS/STAG. U každého experimentu se kromě jeho názvu a kapacity pro sledování zobrazuje datum a čas výskytu příští události včetně frekvence opakování. Detaily experimentu lze zobrazit kliknutím na jeho název. Symbol klíče označuje zabezpečený experiment. Pro vstup do takového experimentu je vyžadováno heslo, podobně jako pro vytvoření rezervace.

Získání seznamu probíhajících experimentů je poměrně častou operací na webovém portálu. Z výkonnostních důvodů byla proto naprogramována uložená procedura v databázi. Samotný kód procedury dokazuje zvýšenou složitost programového kódu, která je daná za úsporu místa v databázi, kdy nejsou ukládány jednotlivá opakování experimentu zvlášť.

6.8 Katalog experimentů

Katalog platných experimentů je dostupný shodně pro registrované i neregistrované uživatele pod odkazem *Experimenty* v hlavním menu webového portálu. Experimenty bez napojení na nějakou rozvrhovou akci jsou seskupeny pod označení *veřejné*. Celkový počet takových experimentů je uveden v posledním sloupci tabulky. Pokud se jedná o experiment z IS/STAG, potom se vedle jeho názvu a zkratky pracoviště uvádí zkratka nadřazeného pracoviště (nejčastěji domovská fakulta). Ukázka katalogu veřejných experimentů je součástí příloh jako snímek B. Do seznamu experimentů dostupných na daném pracovišti se lze dostat dvěma způsoby. První z nich spočívá v následování odkazu přímo ze seznamu pracovišť. Druhá cesta vede přes výpis detailních informací o každém neveřejném experimentu.

6.9 Detaily experimentu

Podrobné informace o experimentu jsou dostupné pod jejich názvem v katalogu platných experimentů. Rozsah zobrazených informací koresponduje s parametry, které byly zadány autorem při vytváření experimentu (viz příslušné kapitoly v části 6.6). Všem uživatelům je navíc zobrazen aktuální stav experimentu včetně jména a příjmení zakladatele. Pod tímto výpisem následuje grafické zobrazení trvání experimentu ve formě kalendáře. Na webové stránce se dále nachází odkaz do rezervačního systému.

U neveřejného experimentu jsou na základě rozvrhové akce získány doplňující informace z IS/STAG. Paleta zobrazených informací zahrnuje název předmětu, katedru, fakultu, druh rozvrhové akce (přednáška, cvičení, seminář), jméno vyučujícího, budovu a místnost, ve které probíhá výuka. Dále lze získat z IS/STAG seznam zapsaných studentů na dané rozvrhové akci. Informace o studentech jsou seskupeny v tabulce, kterou lze procházet, až po jejím rozbalení. Přístup k výše zmíněným informacím je omezen pouze na uživatele s přístupem do IS/STAG. Snímek C představuje podobu rozhraní pro testovací experiment založený na vybrané rozvrhové akci IS/STAG.

6.10 Rezervační systém

Oprávnění vytvářet rezervace do jednotlivých experimentů mají pouze registrovaní uživatelé. Existující rezervace opravňuje uživatele k ovládání experimentu. Vyučující mohou rušit rezervace ostatním uživatelům pouze v rámci svých experimentů. Administrátoři mají takovou pravomoc na úrovni všech experimentů. Rezervační systém funguje na principu tzv. timeslotů. Timeslot reprezentuje pořadové číslo opakování experimentu. Počet rezervací v každém timeslotu je omezen nastavenou kapacitou pro ovládání experimentu. Pro další informace odkazují na kapitulu 5.3.

Průběh vytvoření rezervace lze popsat následujícím způsobem. Pokud je experiment chráněn heslem, musí uživatel nejprve prokázat jeho znalost. Dále je provedena kontrola obsazení daného timeslotu. Pokud existuje volné místo, proces rezervace je dokončen. V opačném případě se ověřuje, jestli má uživatel přístup do IS/STAG. Pokud ne, proces vytvoření rezervace končí neúspěchem. Pokud ano, kontroluje se, zdali existuje alespoň jedna rezervace vytvořená uživatelem bez přístupu do IS/STAG. V kladném případě může být existující rezervace zrušena ve prospěch aktuálního uživatele. Pokud se jedná o experiment propojený s nějakou rozvrhovou akcí z IS/STAG, kontroluje se, jestli nemá nějaký student náhodou vytvořenu rezervaci, aniž by byl platným studentem nebo účastníkem této rozvrhové akce v IS/STAG. V případě, že je takový „student“ nalezen, bude jeho rezervace přepsána aktuálním uživatelem. V opačném případě si již nelze místo v experimentu žádným způsobem vynutit a vytvoření rezervace je zamítnuto.

Správa vlastních rezervací je přístupná pod odkazem *Rezervace* v hlavním menu webového portálu. Rezervace jsou rozděleny podle jednotlivých experimentů. U každého experimentu je zobrazen jeho aktuální stav, indikátor zabezpečení (volitelně), druh experimentu a termín příštího konání včetně frekvence opakování. Pokud experiment právě probíhá, lze do něj rovnou vstoupit.

6.11 Správa experimentů

Vyučující, který je autorem alespoň jednoho experimentu, má možnost zobrazit nebo editovat jeho parametry pod odkazem *Správa* v hlavním menu webového portálu. V rámci editace experimentu, který je založen na nějaké rozvrhové akci IS/STAG, lze načíst aktuální data prostřednictvím příslušného tlačítka umístěného pod formulářem. Součástí editace každého experimentu je rovněž úprava kapacity pro ovládání a sledování podle skutečných parametrů zařízení v rámci spárované místnosti. Úprava je automaticky provedena pouze v případě, že nastavená hodnota překračuje dostupnou kapacitu. V případě, že došlo ke zkrácení platnosti experimentu, budou zároveň odstraněny také nadbytečné rezervace. Všechny rezervace jsou automaticky zrušeny při odstranění experimentu. Konfigurace experimentů je dostupná také uživatelům s právy administrátora. Administrátor bez přístupu do IS/STAG má přístup pouze k veřejným experimentům. Administrátor s propojeným účtem s identitou z IS/STAG má možnost spravovat všechny experimenty.

6.12 Správa vybavení

Pod odkazem *Vybavení* v hlavním menu webového portálu provádí administrátoři konfiguraci zařízení pro vzdálený přístup do laboratoří. Jednotlivé typy zařízení jsou dostupné pod tlačítkem *Typy zařízení*. Zobrazené rozhraní umožňuje přidávat nové typy zařízení a měnit jejich parametry v souladu s návrhem entity *equipment_types* (viz kapitolu 5.8). Nechybí ani možnost odstranit nepoužívaný typ zařízení, pokud není součástí nějakého vybavení. Pod odkazem *Vybavení* se dále nachází dostupné virtuální místnosti. Je dovoleno přidávat nové místnosti, upravovat nebo odstraňovat v případě, že nejsou spárovány s žádným experimentem. Vedle každé místnosti je zobrazeno procentuální využití podřízených pracovišť. Virtuální místnosti jsou uloženy v entitě *rooms* (viz kapitolu 5.5).

Po vstupu do virtuální místnosti lze přidávat nová pracoviště, měnit jejich názvy nebo je odstraňovat. Každé pracoviště má zobrazeno aktuální stav a počet zařízení. Administrátor má možnost deaktivovat vybrané pracoviště a tím ho znepřístupnit např. z důvodu údržby. Pracoviště nesmí být aktuálně používáno. Pokud je místnost spárována s nějakými experimenty, zobrazuje se dále informativní tabulka s jejich

parametry. Ukázka administračního rozhraní je součástí příloh jako snímek D. Při operacích s pracovišti jsou dodržována integritní omezení definovaná v kapitole 5.6.

Do seznamu zařízení na daném pracovišti se lze dostat tlačítkem *Vybavení*. Při vytváření zařízení se vyplňují atributy popsané v kapitole 5.7 a dále se vybírá jeho typ. Parametry zařízení lze z tohoto místa kdykoliv později změnit nebo zařízení zcela odstranit. Pozici zařízení v rámci pracoviště lze změnit pomocí šipek ve sloupci *Akce*. Pokud bylo zařízení v minulosti využíváno, je k dispozici rovněž statistika jeho využití.

6.13 Statistika využití

Podrobné informace o sběru statistik využití pro jednotlivá zařízení jsou uvedeny v kapitole 5.9, která je věnována návrhu entity *equipment_usage*. Webový portál rozlišuje dva typy statistik. Prvním typem je souhrnná statistika pro celý experiment. Historie využití konkrétního zařízení představuje druhý typ. Statistika využití zařízení v rámci experimentu je dostupná jeho autorovi. Administrátoři mají navíc přístup k historii využití jednotlivých zařízení. Pro vizualizaci statistik byl vybrán typ grafu Stepped Area Chart²³, který je součástí knihovny Google Charts. Grafy jsou generovány dynamicky na straně webového prohlížeče. Na základě vybraného časového rozmezí jsou získána data o využití zařízení z databáze pomocí technologie AJAX. Možný výstup je zachycen v přílohách jako snímek E.

6.14 Vstup do experimentu

Vstup do experimentu lze popsat následující sekvencí kroků.

1. Pokud je experiment zabezpečen heslem, uživatel musí prokázat jeho znalost.
2. Potom se zkontroluje, jestli experiment právě probíhá.
3. Pokud se jedná o experiment založený na konkrétní rozvrhové akci, vstup je povolen pouze uživatelům, kteří mají zapsanu danou rozvrhovou akci v IS/STAG.

²³ Další informace jsou dostupné na adrese
<https://developers.google.com/chart/interactive/docs/gallery/steppedareachart>.



4. Pokud je uživatel přihlášen, pokračuje se vyčíslením pořadového čísla timeslotu. Pokud není přihlášen, pokračuje se bodem 6. Dále je sečten čas, který uživatel v minulosti strávil ovládáním experimentu. Při překročení stanoveného limitu nemá uživatel možnost dále ovládat.
5. Na základě pořadového čísla timeslotu je zjištěna existence rezervace, která uživatele opravňuje k ovládání experimentu.
6. Zkontroluje se, zdali uživatel nemá aktivní přesměrování v rámci daného experimentu. To umožňuje předejít alokaci dalšího pracoviště, např. v situaci, kdy uživatel opustí na krátkou chvíli průběh experimentu nebo obnoví webovou stránku.
7. Pokud uživatel pouze sleduje průběh experimentu, ale má platnou rezervaci, musí se zkontrolovat, jestli neexistuje uživatel, který experiment ovládá, ale přitom nemá platnou rezervaci. V takovém případě je ovládání zařízení předáno aktuálnímu uživateli.
8. Pokud uživatel ovládá s rezervací nebo pouze sleduje bez rezervace, rovnou se mu zobrazí průběh experimentu v rámci původní relace.
9. Jestliže uživatel nezískal oprávnění ovládat zařízení, pokračuje se bodem 16. Přístup do módu ovládání pokračuje výběrem všech volných pracovišť v rámci daného experimentu. Aby se předešlo soupeření o první volné pracoviště při přístupu více uživatelů zároveň, bylo navrženo, že bude vybráno náhodné číslo pracoviště.
10. Zvolené pracoviště je před vstupem do kritické sekce uzamčeno změnou jeho aktuálního stavu.
11. Pro každé zařízení na pracovišti je vygenerováno náhodné číslo portu (z privátního rozsahu), které musí být unikátní v rámci pracoviště i v rámci celého serveru.
12. Pokračuje se vložением informací uvedených v kapitole 5.10 do databáze.
13. Dalším krokem je vložení příslušných směrovacích pravidel. Přístup ke každému zařízení zajišťují následující čtyři firewallová pravidla.




```
iptables -t nat -A PREROUTING -i eth0 -p tcp -m tcp --source [IP uživatele]
--dport [port na serveru] -j DNAT --to [IP zařízení]:[port zařízení]

iptables -I FORWARD 1 -i eth0 -p tcp -m tcp -d [IP uživatele] --sport [port
zařízení] -j ACCEPT

iptables -I FORWARD 1 -i eth0 -p tcp -m tcp -d [IP zařízení] --dport [port
zařízení] -j ACCEPT

iptables -t nat -A POSTROUTING -j MASQUERADE
```

Kód 6.1: Směrovací pravidla používaná pro řízení přístupu k zařízení.

První pravidlo otevírá port na serveru vzdálených laboratoří pro aktuálního uživatele. Na tento port je tunelována komunikace se vzdáleným zařízením. Zařízení je z bezpečnostních důvodů dostupné pouze ze serveru rlab.ite.tul.cz.

Druhé pravidlo zajišťuje přesměrování paketů ze vzdáleného zařízení aktuálnímu uživateli.

Další pravidlo definuje cestu ke vzdálenému zařízení ze serveru rlab.ite.tul.cz. V případě, že je v rámci sady pravidel FORWARD již jednou definováno, nebude duplikováno.

SNAT definovaný posledním pravidlem zajišťuje maskování odchozích paketů IP adresou rozhraní serveru rlab.ite.tul.cz. V rámci sady pravidel POSTROUTING v tabulce NAT je definováno automaticky a to pouze jednou.

14. Pokud se během provádění kroků 10 až 13 vyskytne chyba, provedené změny budou stornovány.
15. Jestliže bude provádění úspěšně dokončeno, bude uživateli zobrazeno rozhraní pro ovládání experimentu.
16. Při zřizování přístupu pro sledování např. nepřihlášenému uživateli se postupuje v souladu s kroky 10 až 13 s následujícími změnami.
17. První z nich spočívá v tom, že pracoviště musí obsahovat alespoň jedno zařízení dostupné pro sledující.
18. Další podmínkou je, že aktuální obsazení pracoviště nesmí být vyšší, než je maximální stanovená kapacita pro sledování na jednotlivých zařízeních.
19. Pokud bude proces úspěšně dokončen, bude zobrazeno rozhraní experimentu v módu sledování. Ukázka rozhraní je součástí příloh jako snímek F.



Závěr

Vzdálený přístup do laboratoří umožňuje optimalizovat využití laboratorního vybavení. Jedná se o bezpečný způsob výuky pro studenty. Pomocí vzdálených laboratoří lze mj. zpřístupnit vybavení, které by jinak vyžadovalo odbornou obsluhu nebo by jeho použití ve výuce bylo rizikové (pořizovací cena). Experimenty jsou dostupné z libovolného počítače s přístupem na internet prakticky 24 hodin denně a 365 dní v roce. Studentům navíc odpadá mnohdy zdoluhavé sestavování měřícího přípravku a mají možnost měření několikrát opakovat. V neposlední řadě jsou vzdáleně ovládané experimenty šancí pro zatraktivnění výuky některých nepopulárních předmětů.

Úkolem této diplomové práce bylo navrhnout webový portál pro vzdálený přístup k laboratornímu vybavení na Technické univerzitě v Liberci. Před jeho vývojem byla provedena analýza konkurenčních řešení. Z finančních důvodů byly do srovnání vybrány pouze projekty s otevřeným zdrojovým kódem. Z analýzy vyplynulo, že žádný z projektů není vhodný pro adaptování na zdejší infrastrukturu.

Charakteristika zdejší infrastruktury byla zaznamenána do následující kapitoly. Byl navržen univerzální způsob řízení přístupu k laboratornímu vybavení. Mechanismus řízení byl demonstrován pro dva druhy zařízení. Byla zavedena podpora pro zařízení s vlastním webovým serverem a pro vybavení, které je dostupné protokolem VNC.

Na základě výsledků vzájemného srovnání možností pro přenos obrazu z IP kamer, byla vyhodnocena technologie MJPEG jako nejvhodnější. Zohledněna byla podpora ve webových prohlížečích i nároky kladené na propustnost sítě.

Komunikace s IS/STAG probíhá prostřednictvím webových služeb. Přístup k jeho prostředkům je umožněn architekturou REST nebo protokolem SOAP. Webový portál byl propojen s IS/STAG přes architekturu REST, která byla vybrána na základě vzájemného srovnání.

Dalším bodem zadání bylo propojit webový portál s autentizací sítě LIANE. I tento bod byl splněn a na server byla zavedena podpora technologie Shibboleth. Výměna autentizačních informací byla zabezpečena implementací rozhraní pro komunikaci s poskytovatelem identity.

Na základě požadavků na funkce webového portálu byla navržena databázová struktura. Vztahy mezi entitami byly modelovány pomocí ER diagramu. Byl vysvětlen význam jednotlivých atributů s vazbou na webový portál.

Samotné realizaci webového portálu byla věnována závěrečná část práce. Byly popsány serverové i klientské technologie použité při jeho vývoji. Zvláštní důraz byl kladen na bezpečnost. Registrace uživatele do portálu je následována kapitolami o možných způsobech autentizace a významu uživatelských rolí v rámci webového portálu.

Nezanedbatelnou částí této kapitoly se stal popis implementovaných funkcí a rozhraní webového portálu. Kapitola o vytváření experimentu byla rozdělena podle jeho typu. Dostupné experimenty jsou rozděleny podle svých ústavů a shromážděny ve společném katalogu. Uživatelé mohou vytvářet rezervace do jednotlivých experimentů a podílet se na jejich ovládání. Ostatní uživatelé mohou sledovat průběh experimentu. Vyučující mají k dispozici administrační rozhraní pro vlastní experimenty a v souladu se zadáním mohou sledovat využití vlastních experimentů. Přístup ke všem experimentům je umožněn administrátorům. Za správu umístění laboratorního vybavení zodpovídají administrátoři. Mohou sledovat historii využití jednotlivých zařízení. V závěru této kapitoly byl popsán způsob, kterým probíhá vstup do experimentu.

Webový portál byl propojen s dostupným experimentem založeným na IP kameře. Během testování se vyskytl konflikt s mandatorním řízením přístupu implementovaným do jádra operačního systému Linux v podobě rozšíření SELinux. Požadavkem webového portálu je deaktivace tohoto rozšíření. Tento požadavek je nutnou podmínkou pro zprovoznění řady projektů (např. ZFS²⁴).

Webový portál by se do budoucna dal rozšířit o funkci, kterou disponuje např. IS/STAG v podobě průniku volných časů. Studenti by byli nahrazeni experimenty a skutečné místnosti by byly nahrazeny těmi virtuálními. Díky tomu by bylo možné sestavit rozvrh dané virtuální místnosti a optimalizovat její využití. Druhým námětem na pokračování této práce je implementace jádrového modulu do bezpečnostní politiky SELinuxu.

²⁴ Vysvětlení je dostupné na <http://zfsonlinux.org/faq.html>.



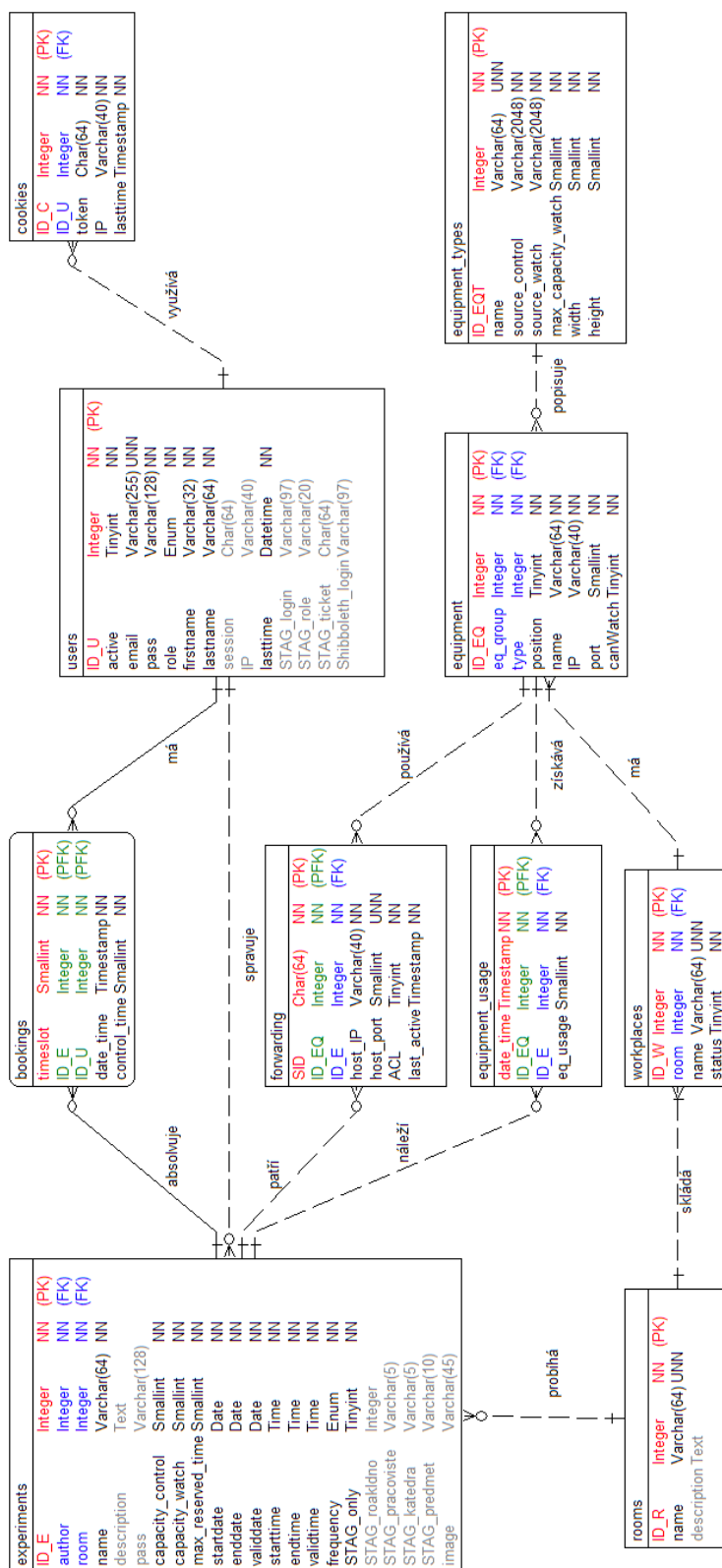
Seznam použité literatury

- [1] KOLEKTIV PRACOVNÍKŮ CIV. *Portál IS/STAG: referenční příručka* [online]. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, © 2010–2014, 378 s. [cit. 2014-02-20]. Dostupné z: https://is-stag.zcu.cz/PortalNapovedy/build/pdf-zcu/Referencni_prirucka_IS-STAG.pdf.
- [2] VALENTA, Lukáš. Webové služby nad IS/STAG: základní informace. *IBM WebSphere Portal* [online]. 2009 [cit. 2014-03-01]. Dostupné z: <https://stag-ws.tul.cz/ws/help>.
- [3] FIELDING, Thomas Roy. *Architectural styles and the design of network-based software architectures* [online]. Irvine, California: 2000. Disertační práce. University of California, Information and Computer Science. Vedoucí práce [Richard N. Taylor]. 162 s. [cit. 2014-03-01]. ISBN 0-599-87118-0. Dostupné z: https://www.ics.uci.edu/~fielding/pubs/dissertation/fielding_dissertation.pdf.
- [4] VALENTA, Lukáš. *Webové služby IS/STAG* [online prezentace]. Kunžak: Seminář IS/STAG, 2008 [cit. 2014-03-05]. Dostupné z: <http://is-stag.zcu.cz/zajemci/moduly/prezentace-kunzak.ppt>.
- [5] VALENTA, Lukáš. Webové služby nad IS/STAG: technické informace. *IBM WebSphere Portal* [online]. 2009 [cit. 2014-03-01]. Dostupné z: <https://stag-ws.tul.cz/ws/help?page=tech>.
- [6] Česká akademická federace identit eduID.cz. *Česká akademická federace identit eduID.cz* [online]. © 1991–2014, 2013/05/30 09:15 [cit. 2014-03-15]. Dostupné z: <http://www.eduid.cz/>.
- [7] ZUBÍA, Javier García a Gustavo R. ALVES. *Using remote labs in education: two little ducks in remote experimentation*. Bilbao, Spain: University of Deusto, 2011, 464 s. ISBN 978-84-9830-335-3.
- [8] ZUBÍA, Javier García, Pablo ORDUÑA, Diego LOPÉZ-DE-IPÍÑA, Unai HERNÁNDEZ a Iván TRUEBA. Remote laboratories from the software engineering point of view, kap. 6. In: GOMES, Luís a Javier García ZUBÍA. *Advances on remote laboratories and e-learning experiences*. Bilbao, Spain: University of Deusto, 2007, s. 131–149. ISBN 978-84-9830-077-2.

- [9] *iLabViR: Proyecto de integración de laboratorios virtuales y remotos* [online]. [Barcelona]: Universitat Politècnica de Catalunya, 2012 [cit. 2014-03-28]. Dostupné z: https://ilabvir.upc.edu/documentacion/informacion-sobre-el-proyecto-ilabvir/at_download/file.
- [10] LÁTAL, František. *Vzdáleně ovládané experimenty ve výuce fyziky* [online]. Olomouc: 2012. Disertační práce. Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta, Katedra experimentální fyziky. Vedoucí práce Roman Kubínek. 109 s. [cit. 2014-04-04]. Dostupné z: http://theses.cz/id/wpnu70/Latal_disertace_vse.pdf.
- [11] ŠTRAUCH, Adam. noVNC: VNC klient běžící ve webovém prohlížeči. *Root.cz – informace nejen ze světa Linuxu* [online]. [Praha 6]: Internet Info, 01. 03. 2013 [cit. 2014-04-04]. ISSN 1212-8309. Dostupné z: <http://www.root.cz/clanky/novnc-vnc-klient-bezici-ve-webovem-prohlizeci/>.
- [12] HUŇKA, Tomáš. *Konfigurace RADIUS serveru (FreeRADIUS) pro EAP-TLS a 802.1x s WiFi AP Avaya* [online]. Ostrava: 10. 01. 2005. Semestrální projekt. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Katedra informatiky. Vedoucí práce Petr Grygárek [cit. 2014-04-10]. Dostupné z: <http://www.cs.vsb.cz/grygarek/TPS/projekty/0405Z/RADIUS/>.
- [13] Video and audio compression. kap. 3. In: VIVOTEK. *IP surveillance handbook* [online]. [New Taipei City, Taiwan]: [2011], s. 19–22 [cit. 2014-04-10]. Dostupné z: http://download.vivotek.com/downloadfile/downloads/handbook/ip_surveillance_handbook_en.pdf.
- [14] KULIUKAS, Kestas. How rainbow tables work. *Kestas.kuliukas.com; Kestas' home page* [online]. 2006, 04/09/2009 [cit. 2014-04-20]. Dostupné z: <http://kestas.kuliukas.com/RainbowTables/>.
- [15] ŠTRAUCH, Adam. Databáze MariaDB válcuje MySQL. *Root.cz – informace nejen ze světa Linuxu* [online]. [Praha 6]: Internet Info, 21. 12. 2012 [cit. 2014-04-25]. ISSN 1212-8309. Dostupné z: <http://www.root.cz/clanky/databaze-mariadb-valcuje-mysql/>.




Příloha A: ER diagram databáze



Snímek A: Entitně-relační diagram databáze



Příloha B: Katalog experimentů



E-mailová adresa

Heslo

přihlásit se trvale na tomto počítači

zapomenuté heslo

Přihlásit

Přihlásit přes LIANE



Přehled

Experimenty

Registrace

Seznam veřejných experimentů

Celkový počet experimentů: 7

| ↕ | Název | ↕ | Sledování ↕ | Přístě ↕ | Opakovat ↕ | Akce |
|---|---|-----|--------------------|----------------|------------|------|
|  | Měření citlivosti CCD snímače | 2 | 13. 05. 2014 06:00 | jednou | Vstoupit | |
|  | Měření charakteristik olověného akumulátoru | 1 | 14. 05. 2014 00:00 | denně | Vstoupit | |
|  | Testování nanovláčkové membrány | 100 | 17. 05. 2014 20:00 | měsíčně | | |
|  | Pro veřejnost | 8 | 22. 05. 2014 06:00 | týdně | | |
|  | Model autonomního vozu | 8 | 27. 05. 2014 08:00 | každých 14 dní | Vstoupit | |

1

2

3

4

5

5



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI


www.tul.cz

Režim ladění je aktivní

O portálu

Snímek B: Katalog veřejných experimentů


Příloha C: Detaily experimentu



David Tauchmann
 změnit heslo
 Odhlásit

Přehled
 Experimenty
 Rezervace
 Správa
 Vybavení
 Administrace

Informace o IS/STAG experimentu





Název: **Interakce člověka s počítačem**

Autor: *Jiří Jeníček*

Popis: Cílem předmětu Interakce člověka s počítačem je seznámit studenty s tvorbou virtuálních objektů. Studenti se seznámí s prostředím VRML editoru a prohlížeče VRML a budou schopni vytvářet virtuální světy s dynamickými prvky.

Vstup s heslem: Ne

Stav: 

Pouze pro zapsané v IS/STAG: 

Maximální součet minut pro ovládání 1 účastníkem s rezervací: 480

Kapacita pro ovládání: 1

Kapacita pro sledování: 10

Počátek experimentu: 20. 02. 2014 16:10

Konec experimentu: 20. 02. 2014 17:45

Perioda opakování: každý čtvrtek od 16:10 do 17:45

Platnost (opakování) experimentu: 22. 05. 2014 17:45

březen 2014
 duben 2014
 květen 2014

| po | út | st | čt | pá | so | ne | po | út | st | čt | pá | so | ne | po | út | st | čt | pá | so | ne |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | | | | | 1 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | | | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 |
| 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 28 | 29 | 30 | | | | | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | |
| 31 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Obsazení experimentu

Počet vytvořených rezervací: 0 / 1.

Doplňující informace z IS/STAG

Název předmětu: **Interakce člověka s počítačem (ICP)**

Katedra: **ITE**

Fakulta: **FM**


Druh akce: **Cvičení**

Vyučující: *Ing. Jiří Jeníček, Ph.D.*

Budova: **A**

Místnost: **A8**

Obsazení v IS/STAG


TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
 www.tul.cz

Režim ladění je aktivní
 O portálu

Snímek C: Parametry experimentu založeného na rozvrhové akci IS/STAG



Příloha D: Administrace vybavení



LAB

Jiří Jeníček
změnit heslo
Odhlásit

Přehled Experimenty Rezervace Správa **Vybavení** Administrace

Stav pracoviště byl změněn.

Fotovoltaika

Obsahuje přípravky pro měření parametrů světelného toku.

Seznam pracovišť

Celkový počet pracovišť: 3

| Označení pracoviště | Počet zařízení | Aktuální stav | Akce |
|--|----------------|---------------|-------------|
| <input checked="" type="radio"/> Pracoviště F1 | 0 | | Deaktivovat |
| <input type="radio"/> Pracoviště F2 | 0 | | Aktivovat |
| <input type="radio"/> Pracoviště F3 | 0 | | — |

Vybavení
 Přejmenovat
 Odstranit

Přidat nové pracoviště


Každé pracoviště obsahuje laboratorní vybavení a webkameru.

Pracoviště

Seznam experimentů

Celkový počet spárovaných experimentů: 1

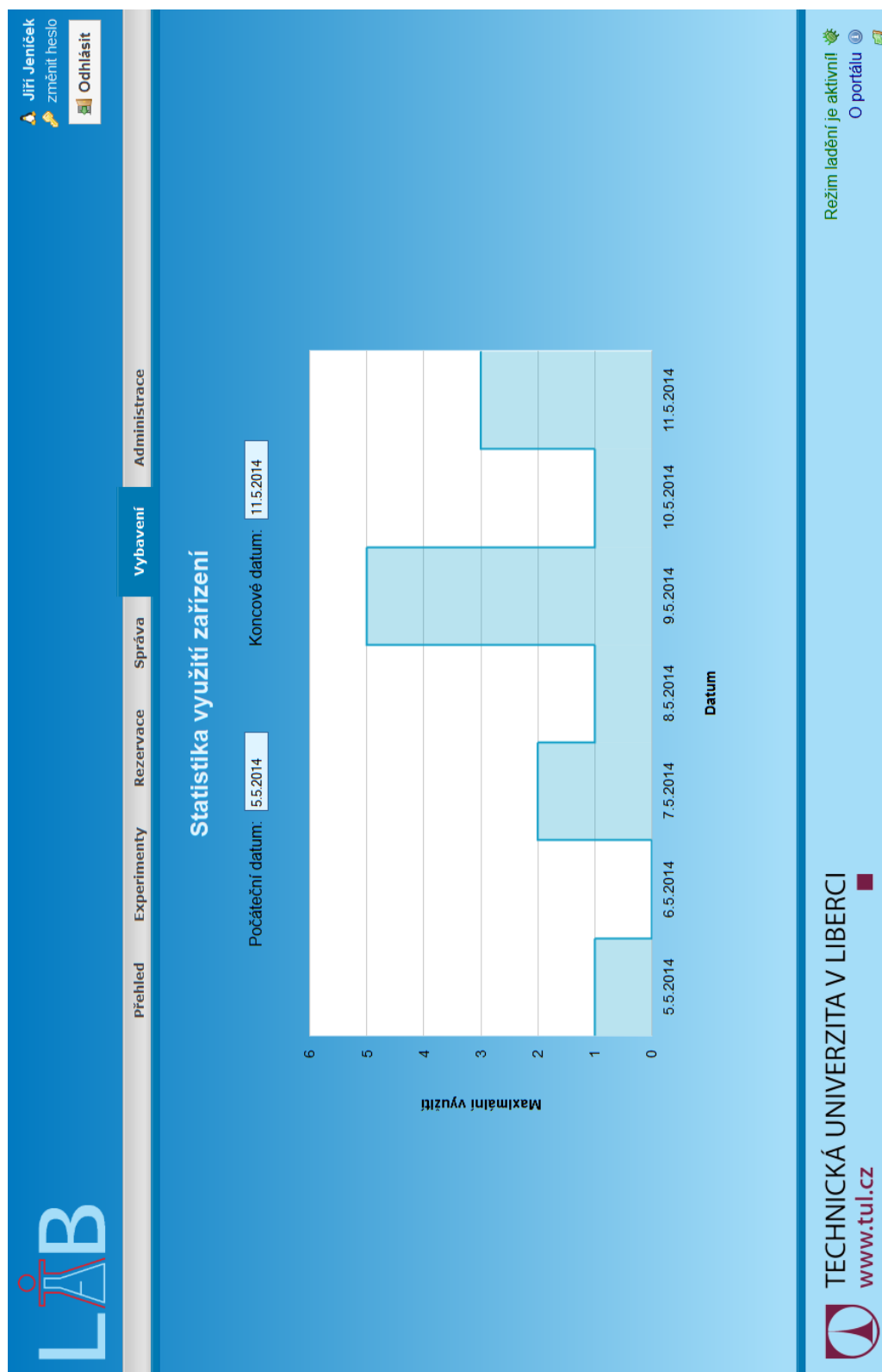
| Název experimentu | Akce | Autor | Ovládající | Sledující | Platnost |
|---|----------|--------------|------------|-----------|----------|
| Měření parametrů fotovoltaického článku | Editovat | Jeníček Jiří | 3 | 30 | |


TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
 www.tul.cz

Režim ladění je aktivní
 O portálu

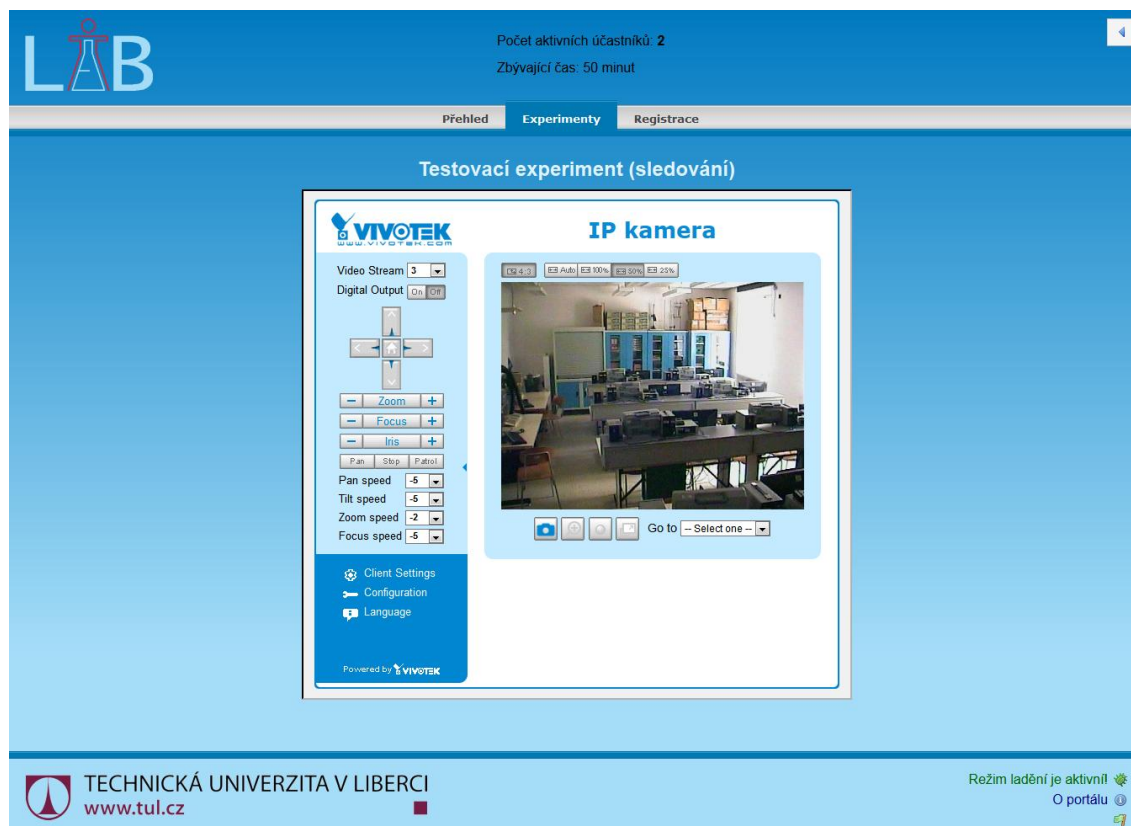
Snímek D: Správa virtuální místnosti

Příloha E: Statistika využití



Snímek E: Historie maximálního využití zařízení

Příloha F: Průběh experimentu



Snímek F: Ukázka rozhraní pro sledování dostupného experimentu